

**TUGAS AKHIR - KS141501**

**SKENARIO OPTIMALISASI DURASI PENGGUNAAN  
ASET JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK  
MENGUNAKAN METODE SISTEM DINAMIK (STUDI  
KASUS: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

***SCENARIO OF OPTIMAL UTILIZATION DURATION  
OF ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK  
ASSETS USING SYSTEM DYNAMICS (CASE STUDY:  
PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)***

DENNY ANGGA SETYAWAN  
NRP 5213 100 178

Dosen Pembimbing  
Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**TUGAS AKHIR - KS141501**

**SKENARIO OPTIMALISASI DURASI PENGGUNAAN ASET  
JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK  
MENGUNAKAN METODE SISTEM DINAMIK (STUDI  
KASUS: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

**DENNY ANGGA SETYAWAN**  
**NRP 5213 100 178**

**Dosen Pembimbing**  
**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**  
**Fakultas Teknologi Informasi**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

**UNDERGRADUATE THESES - KS141501**

***SCENARIO OF OPTIMAL UTILIZATION  
DURATION OF ELECTRICITY DISTRIBUTION  
NETWORK ASSETS USING SYSTEM DYNAMICS  
(CASE STUDY: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA  
TIMUR)***

**DENNY ANGGA SETYAWAN**  
**NRP 5213 100 178**

**Supervisor**  
**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.**

**INFORMATION SYSTEMS DEPARTMENT**  
**Information Technology Faculty**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **SKENARIO OPTIMALISASI DURASI PENGGUNAAN ASET JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK MENGUNAKAN METODE SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

#### **TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada

Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DENNY ANGGA SETYAWAN**

NRP. 5213100178

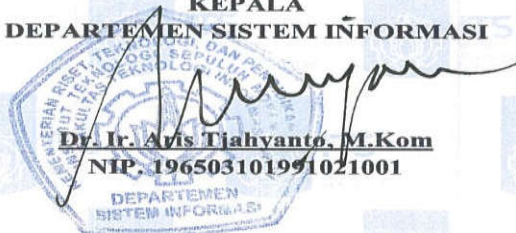
Surabaya, 12 Juli 2017

**KEPALA**

**DEPARTEMEN SISTEM INFORMASI**

**Dr. Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom**

**NIP. 196503101991021001**



## LEMBAR PERSETUJUAN

### **SKENARIO OPTIMALISASI DURASI PENGGUNAAN ASET JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK MENGUNAKAN METODE SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

#### **TUGAS AKHIR**

Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer  
pada  
Departemen Sistem Informasi  
Fakultas Teknologi Informasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**DENNY ANGGA SETYAWAN**

NRP. 5213100178

Disetujui Tim Penguji : Tanggal Ujian: 22 Juni 2017  
Periode Wisuda : September 2017

**Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D.**

**(Pembimbing I)**

**Arif Wibisono, S.Kom., M.Sc.**

**(Penguji I)**

**Rully Agus Hendrawan, S.Kom., M.Eng.**

**(Penguji II)**

**SKENARIO OPTIMALISASI DURASI  
PENGUNAAN ASET JARINGAN DISTRIBUSI  
TENAGA LISTRIK MENGGUNAKAN METODE  
SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: PT. PLN  
(PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

**Nama Mahasiswa : Denny Angga Setyawan**  
**NRP : 5213100178**  
**Departemen : Sistem Informasi FTIF-ITS**  
**Pembimbing I : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D**

**ABSTRAK**

*Kebutuhan masyarakat akan listrik terus meningkat dari hari ke hari. Listrik telah menjadi kebutuhan primer yang harus terpenuhi demi menunjang kehidupan masyarakat. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik tersebut, PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur memiliki aset perusahaan yang digunakan untuk menjalankan kegiatan operasionalnya. Aset yang dimiliki PT PLN (Persero) APD Jawa Timur cukup beragam dan memiliki nilai yang besar. Namun hingga kini penggunaan aset di PT PLN (Persero) APD Jawa Timur masih dianggap belum optimal yang disebabkan tidak handalnya penggunaan aset itu sendiri. Aset yang dianggap belum optimal khususnya pada aset Gardu Induk yang memiliki peranan penting yakni sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik. Apabila tidak digunakan dengan baik ditakutkan aset mengalami kerusakan dan menyebabkan gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dilakukan pemodelan simulasi dengan*

*menggunakan metode sistem dinamik untuk menskenariokan proses pemeliharaan dan penggunaan aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Alasan penggunaan metode sistem dinamik sendiri dikarenakan metode ini dapat mengkomodasikan hubungan non-linier antar variabel pada sistem. Hasil yang diharapkan dalam tugas akhir ini adalah perangkat model dan simulasi yang dapat mengoptimalkan penggunaan aset jaringan distribusi listrik dan dashboard untuk menampilkan hasil dari model dan memberikan masukan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen aset. Harapannya tugas akhir ini dapat menjadi salah satu usulan solusi untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur khususnya dalam mengoptimalkan durasi penggunaan aset agar aset menjadi tahan lama dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya.*

***Kata kunci : Pemeliharaan Aset, Penggunaan Aset, Jaringan Distribusi Listrik, Simulasi, Sistem Dinamik, Dashboard***

# **SCENARIO OF OPTIMAL UTILIZATION DURATION OF ELECTRICITY DISTRIBUTION NETWORK ASSETS USING SYSTEM DYNAMICS (CASE STUDY: PT. PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)**

**Student Name** : Denny Angga Setyawan  
**NRP** : 5213100178  
**Major** : Information Systems FTIF-ITS  
**Supervisor I** : Erma Suryani, S.T., M.T., Ph.D

## **ABSTRACT**

*People's need for electricity continues to increase day by day. Electricity has become a primary need that must be fulfilled in order to support people's lives. To meet people's need for electricity, PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur has company assets that used to carry out its operational activities. Assets that owned by the PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur are quite diverse and have great value. But until now the utilization of assets in PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur is still not optimal. Because the utilization of assets still unreliable. Assets that are considered not optimal are assets in Gardu Induk, which have important role as controller, connector, and protector and share electric power from power source. To solve the problem, the writer will do simulation modeling by using dynamic system method to make scenario for process of maintenance and use of asset in PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. We use dynamic system method because this method can accommodate non-linear relationships between variables on the system. The expected results in this final task are model and simulation devices that can optimize the use of electricity*



*distribution network assets, and dashboard to show the results of the model and provide input in decision-making related to asset management. Hopefully this final task can be one of the proposed solutions to solve existing problems in PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Especially to optimize the use duration of assets so the assets can be durable and can be used properly.*

***Keywords : Asset Maintenance, Asset Utilization, Electricity Distribution Network, Simulation, Dynamic System, Dashboard***

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul:

**“Skenario Optimalisasi Durasi Penggunaan Aset Jaringan Distribusi Listrik Menggunakan Metode Sistem Dinamik (Studi Kasus: PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur)”.**

Skripsi ini merupakan tugas akhir akademik sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan pada Departemen Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik dan tepat waktu. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghormatan sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa melimpahkan berkah dan rahmat-Nya dalam setiap nafas dan langkah penulis dan tidak pernah meninggalkan hamba-Nya, serta shalawat serta salam juga penulis curahkan kepada Nabiyyurrahmah, Muhammad SAW.
2. Bapak Ir. Aris Tjahyanto, M.Kom. selaku Ketua Departemen Sistem Informasi ITS Surabaya.
3. Ibu Erma Suryani., S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir sekaligus dosen wali penulis yang telah memberikan bimbingan terbaik sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
4. Bapak Rangga Romy Putra, Bapak Made Dwipayana, Mas Septiadi Galindra, Mas Burhan Liestiadi dan segenap pegawai divisi HAR 20KV PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang turut memberikan bantuan serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

5. Ayahanda dan ibunda tercinta yang selalu menjadi semangat bagi penulis untuk melakukan yang terbaik, dan selalu mendoakan penulis sedari kecil hingga lulus sekarang.
6. Kawan – Kawan Lab Sistem Enterprise (SE) yang selalu menjadi rekan senasib dan seperjuangan
7. Pandu, Caesar, Hisyam, Jockey, Pakaya, Chitra, Garin, Oriehanna, Akayoga, Slamet, Haikal, Nugraha, Reza, Umar, Adi, Idan, Farhan, Tesar, teman-teman Meriam Baja cabang Surabaya, dan warga Asrama Lhoktuan, yang telah menjadi teman selama menjadi mahasiswa yang turut menemani dan memberikan semangat dari awal perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir ini.
8. Seluruh teman – teman, Keluarga BELTRANIS (SI 2013), Mas dan Mbak serta adik-adik Departemen Sistem Informasi yang dan seluruh *civitas akademika* Departemen Sistem Informasi ITS dan seluruh pihak terkait yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu. Terima kasih atas bantuan, dukungan, doa, dan hiburan yang sangat membantu.

Semoga tulisan ini bermanfaat bagi orang yang membaca, bagi penelitian dan pengembangan penelitian selanjutnya. Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan karena kesempurnaan sejatinya hanya milik Allah SWT. Mohon kritik dan saran yang membangun, sehingga dapat digunakan sebagai referensi perbaikan selanjutnya.

Surabaya, 22 Juni 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan .....	ii
Lembar Persetujuan.....	iv
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel .....	xix
Bab 1 Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Tujuan Penelitian.....	5
1.5. Manfaat Penulisan .....	6
1.5.1. Keilmuan: .....	6
1.5.2. Praktis:.....	6
1.6. Relevansi .....	7
Bab 2 Tinjauan Pustaka.....	9
2.1. Landasan Teori.....	9
2.1.1. Profil PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur .....	9
2.1.2. Proses Penyaluran Tenaga Listrik .....	10
2.1.3. Sistem Distribusi Tenaga listrik .....	10
2.1.4. Gardu Induk Tenaga Listrik .....	12
2.1.5. Aset Sistem Distribusi .....	14
2.1.6. Pemeliharaan Aset.....	14
2.1.7. Keandalan Aset .....	16
2.1.8. Optimasi Penggunaan Aset Perusahaan .....	17
2.1.9. Partial Discharge Monitoring Sensor .....	18
2.1.10. Pemodelan dan Simulasi .....	19
2.1.11. Sistem Dinamik .....	20
2.1.12. Causal Loop Diagram.....	22
2.1.13. Konsep Dashboard .....	23
2.2. Penelitian Terdahulu.....	24
Bab 3 Metodologi Penelitian.....	29

3.1. Diagram Metodologi.....	29
3.2. Uraian Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir.....	30
3.2.1. Identifikasi Permasalahan.....	30
3.2.2. Studi Literatur.....	30
3.2.3. Pengumpulan Data.....	31
3.2.4. Penyusunan Model .....	32
3.2.5. Formulasi Model.....	34
3.2.6. Verifikasi dan Validasi Model.....	34
3.2.7. Skenariosasi dan Aanalisa Hasil Simulasi .....	36
3.2.8. Pengembangan Dashboard .....	36
3.2.9. Kesimpulan dan Saran .....	38
Bab 4 Model dan Implementasi.....	39
4.1. Data Masukan .....	39
4.2. Pemrosesan Data.....	40
4.3. Pembuatan Konseptual Model.....	40
4.4. Permodelan Sistem .....	43
4.4.1. Sub-model Condition Effect.....	60
4.4.2. Sub-model Average Asset Condition .....	62
4.4.3. Sub-model Asset Maintenance .....	80
4.4.4. Sub-model Resources .....	88
4.4.5. Sub-model Asset Operation.....	89
4.5. Verifikasi dan Validasi .....	101
4.5.1 Verifikasi .....	101
4.5.2 Validasi.....	112
4.6. Pembuatan Skenario .....	125
4.6.1. Pengembangan Skenario.....	125
4.6.2. Skenario Struktur.....	126
Bab 5 Analisa Hasil dan Pengembangan Dashboard.....	173
5.1. Analisa Hasil.....	173
5.2. Pengembangan Dashboard.....	195
5.2.1. Tahapan Pengembangan Dashboard.....	195
5.2.2. Fungsi dan Keputusan Kebijakan pada Dashboard.....	196
Bab 6 Kesimpulan dan Saran .....	227
6.1. Kesimpulan.....	227
6.2. Saran .....	231
Daftar Pustaka .....	233

Biodata Penulis.....	239
Lampiran Data Inputan.....	1
Data Aset Gardu Induk.....	1
Data Biaya Pemeliharaan Aset.....	1
Data Waktu Operasional Aset.....	5
Data Frekuensi Pemeliharaan.....	12

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Klasifikasi Pemodelan Sistem .....	20
Gambar 2.2 Langkah-Langkah Metode Sistem Dinamik.....	22
Gambar 2.3 Contoh Causal Loop Diagram.....	23
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian .....	29
Gambar 3.2 Diagram Kausatik Pemeliharaan dan Penggunaan Aset .....	34
Gambar 4.1 Causal Loop Diagram Pemeliharaan dan Penggunaan Aset.....	42
Gambar 4.2 Stock and Flow Diagram Pemeliharaan dan Penggunaan Aset.....	58
Gambar 4.3 Sub-model Condition Effect.....	61
Gambar 4.4 Sub-model PO Condition .....	64
Gambar 4.5 Sub-model Inc Condition .....	66
Gambar 4.6 Sub-model Spare Condition .....	69
Gambar 4.7 Sub-model PS Condition .....	71
Gambar 4.8 Sub-model PT/LA Condition .....	73
Gambar 4.9 Sub-model Kopel Condition.....	76
Gambar 4.10 Sub-model Average Asset Condition .....	79
Gambar 4.11 Sub-model Shutdown Measurement.....	81
Gambar 4.12 Sub-model In Service Inspection.....	84
Gambar 4.13 Sub-model In Service Measurement .....	86
Gambar 4.14 Sub-model Resources .....	89
Gambar 4.15 Sub-model PO Operation .....	90
Gambar 4.16 Sub-model Inc Operation .....	92
Gambar 4.17 Sub-model Spare Operation .....	93
Gambar 4.18 Sub-model PS Operation .....	95
Gambar 4.19 Sub-model PT/LA Operation .....	96
Gambar 4.20 Sub-model Kopel Operation.....	98
Gambar 4.21 Sub-model Total Asset Operation .....	100
Gambar 4.22 Kondisi Aset Penyulang Operasi.....	102
Gambar 4.23 Kondisi Aset Inc .....	102



Gambar 4.24 Kondisi Aset Spare .....	103
Gambar 4.25 Kondisi Aset Trafo PS .....	103
Gambar 4.26 Kondisi Aset PT/LA .....	104
Gambar 4.27 Kondisi Aset Kopel.....	104
Gambar 4.28 Rata-Rata Kondisi Keseluruhan Aset .....	105
Gambar 4.29 Biaya Pemeliharaan Shutdown Measurement	105
Gambar 4.30 Biaya Pemeliharaan In Service Inspection .....	106
Gambar 4.31 Biaya Pemeliharaan In Service Measurement	106
Gambar 4.32 Total Biaya Pemeliharaan Aset .....	107
Gambar 4.33 Durasi Penggunaan Penyulang Operasi.....	107
Gambar 4.34 Durasi Penggunaan Inc .....	108
Gambar 4.35 Durasi Penggunaan Spare .....	108
Gambar 4.36 Durasi Penggunaan Trafo PS .....	109
Gambar 4.37 Durasi Penggunaan PT/LA .....	109
Gambar 4.38 Durasi Penggunaan Kopel .....	110
Gambar 4.39 Total Durasi Penggunaan Aset .....	110
Gambar 4.40 Validasi Biaya Shutdown Measurement.....	113
Gambar 4.41 Validasi Biaya In Service Inspection.....	114
Gambar 4.42 Validasi Biaya In Service Measurement.....	116
Gambar 4.43 Validasi Penggunaan Penyulang Operasi .....	117
Gambar 4.44 Validasi Penggunaan Inc .....	118
Gambar 4.45 Validasi Penggunaan Spare .....	120
Gambar 4.46 Validasi Penggunaan Trafo PS .....	121
Gambar 4.47 Validasi Penggunaan PT/LA .....	122
Gambar 4.48 Validasi Penggunaan Kopel.....	123
Gambar 4.49 Skenario Struktur Replacement Aset.....	128
Gambar 4.50 Hasil Skenario Average PO Condition .....	137
Gambar 4.51 Hasil Skenario Average Inc Condition .....	138
Gambar 4.52 Hasil Skenario Average Spare Condition .....	139
Gambar 4.53 Hasil Skenario Average PS Condition.....	140
Gambar 4.54 Hasil Skenario Average PT/LA Condition .....	141
Gambar 4.55 Hasil Skenario Average Kopel Condition .....	142

Gambar 4.56 Skenario Struktur Replacement Aset dan Pemasangan Alat Sensor .....	146
Gambar 4.57 Hasil Skenario Average PO Condition.....	157
Gambar 4.58 Hasil Skenario Average Inc Condition.....	158
Gambar 4.59 Hasil Skenario Average Spare Condition.....	159
Gambar 4.60 Hasil Skenario Average PS Condition .....	160
Gambar 4.61 Hasil Skenario Average PT/LA Condition.....	161
Gambar 4.62 Hasil Skenario Average Kopel Condition .....	162
Gambar 4.63 Hasil Skenario In Service Measurement Cost	163
Gambar 4.64 Hasil Skenario In Service Inspection Cost .....	164
Gambar 4.65 Hasil Skenario Total Maintenance Cost.....	165
Gambar 4.66 Hasil Skenario PO Operation .....	166
Gambar 4.67 Hasil Skenario Inc Operation .....	167
Gambar 4.68 Hasil Skenario Spare Operation .....	168
Gambar 4.69 Hasil Skenario PS Operation.....	169
Gambar 4.70 Hasil Skenario PT/LA Operation .....	170
Gambar 4.71 Hasil Skenario Kopel Operation.....	171
Gambar 5.1 Dashboard Biaya Total Pemeliharaan Aset.....	197
Gambar 5.2 Dashboard Biaya In Service Inspection .....	199
Gambar 5.3 Dashboard Biaya In Service Measurement .....	201
Gambar 5.4 Dashboard Kondisi Penyulang Operasi.....	203
Gambar 5.5 Dashboard Kondisi Inc.....	205
Gambar 5.6 Dashboard Kondisi Spare.....	207
Gambar 5.7 Dashboard Kondisi Trafo PS.....	209
Gambar 5.8 Dashboard Kondisi PT/LA.....	211
Gambar 5.9 Dashboard Kondisi Kopel .....	213
Gambar 5.10 Dashboard Penggunaan Penyulang Operasi...	215
Gambar 5.11 Dashboard Penggunaan Inc .....	217
Gambar 5.12 Dashboard Penggunaan Spare .....	218
Gambar 5.13 Dashboard Penggunaan Trafo PS.....	220
Gambar 5.14 Dashboard Penggunaan PT/LA .....	222
Gambar 5.15 Dashboard Penggunaan Kopel .....	224

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penjelasan Istilah Pemeliharaan Aset.....	16
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu 1 .....	25
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu 2 .....	26
Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu 3 .....	26
Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu 4 .....	27
Tabel 3.1 Variabel yang Digunakan.....	33
Tabel 4.1 Variabel dan Penjelasan Variabel .....	43
Tabel 4.2 Sub-model Condition Effect.....	61
Tabel 4.3 Usia Aset .....	62
Tabel 4.4 Tahun Pemasangan Aset .....	63
Tabel 4.5 Persamaan Sub-model PO Condition.....	64
Tabel 4.6 Tahun Pemasangan Aset Penyulang Operasi .....	65
Tabel 4.7 Persamaan Sub-model Average PO Condition .....	65
Tabel 4.8 Persamaan Sub-model Inc Condition.....	67
Tabel 4.9 Tahun Pemasangan Aset Inc .....	68
Tabel 4.10 Persamaan Sub-model Average Inc Condition .....	68
Tabel 4.11 Persamaan Sub-model Spare Condition.....	69
Tabel 4.12 Tahun Pemasangan Aset Spare .....	70
Tabel 4.13 Persamaan Sub-model Average Spare Condition .....	70
Tabel 4.14 Persamaan Sub-model PS Condition.....	72
Tabel 4.15 Tahun Pemasangan Aset Trafo PS .....	72
Tabel 4.16 Persamaan Sub-model Average PS Condition .....	73
Tabel 4.17 Persamaan Sub-model PT/LA Condition.....	74
Tabel 4.18 Tahun Pemasangan Aset PT/LA .....	75
Tabel 4.19 Persamaan Sub-model Average PT/LA Condition .....	75
Tabel 4.20 Persamaan Sub-model Kopel Condition .....	77
Tabel 4.21 Tahun Pemasangan Aset Kopel.....	77
Tabel 4.22 Persamaan Sub-model Average Kopel Condition .....	77
Tabel 4.23 Persamaan Sub-model Average Asset Condition.....	79
Tabel 4.24 Jenis Pemeliharaan Aset.....	80

Tabel 4.25 Persamaan Sub-model Shutdown Measurement ..	81
Tabel 4.26 Sub-model Total Material Cost .....	82
Tabel 4.27 Sub-model Total Jasbor Cost.....	83
Tabel 4.28 Persamaan Sub-model In Service Inspection .....	84
Tabel 4.29 Sub-model In Service Inspection Cost .....	85
Tabel 4.30 Persamaan Sub-model In Service Measurement ..	86
Tabel 4.31 Sub-model Tools Cost.....	87
Tabel 4.32 Sub-model Labor Cost.....	88
Tabel 4.33 Variabel Vehicle Cost.....	88
Tabel 4.34 Sub-model Resources .....	89
Tabel 4.35 Durasi Penggunaan Aset.....	89
Tabel 4.36 Persamaan Sub-model PO Operation .....	91
Tabel 4.37 Persamaan Sub-model Inc Operation .....	92
Tabel 4.38 Persamaan Sub-model Spare Operation .....	94
Tabel 4.39 Persamaan Sub-model PS Operation.....	95
Tabel 4.40 Persamaan Sub-model PT/LA Operation .....	97
Tabel 4.41 Persamaan Sub-model Kopel Operation.....	98
Tabel 4.42 Persamaan Sub-model Total Asset Operation ....	100
Tabel 4.43 Validasi Biaya Shutdown Measurement.....	114
Tabel 4.44 Validasi Biaya In Service Inspection.....	115
Tabel 4.45 Validasi Biaya In Service Measurement .....	116
Tabel 4.46 Validasi Penggunaan Penyulang Operasi .....	118
Tabel 4.47 Validasi Penggunaan Inc .....	119
Tabel 4.48 Validasi Penggunaan Spare .....	120
Tabel 4.49 Validasi Penggunaan Trafo PS.....	121
Tabel 4.50 Validasi Penggunaan PT/LA .....	123
Tabel 4.51 Validasi Penggunaan Kopel .....	124
Tabel 4.52 Persamaan Replacement PO 2017.....	130
Tabel 4.53 Persamaan Total PO 2017 .....	130
Tabel 4.54 Persamaan Average PO Condition .....	130
Tabel 4.55 Replacement Inc 2017 .....	131
Tabel 4.56 Persamaan Total Inc 2017 .....	131

Tabel 4.57 Persamaan Average Inc Condition.....	131
Tabel 4.58 Persamaan Replacement Spare 2017.....	132
Tabel 4.59 Persamaan Total Spare 2017.....	132
Tabel 4.60 Persamaan Average Spare Condition.....	132
Tabel 4.61 Persamaan Replacement PS 2017.....	133
Tabel 4.62 Persamaan Total PS 2017.....	133
Tabel 4.63 Persamaan Average PS Condition.....	134
Tabel 4.64 Persamaan Replacement PT/LA 2017.....	134
Tabel 4.65 Persamaan Total PT/LA 2017.....	134
Tabel 4.66 Persamaan Average PT/LA Condition.....	135
Tabel 4.67 Persamaan Sub-model Replacement Kopel 2017 .....	135
Tabel 4.68 Persamaan Total Kopel 2017.....	136
Tabel 4.69 Persamaan Average Kopel Condition.....	136
Tabel 4.70 Persamaan Replacement PO 2028.....	148
Tabel 4.71 Persamaan Total PO 2028.....	148
Tabel 4.72 Persamaan Average PO Condition.....	148
Tabel 4.73 Persamaan Replacement Inc 2030.....	149
Tabel 4.74 Persamaan Total Inc 2030.....	149
Tabel 4.75 Persamaan Average Inc Condition.....	150
Tabel 4.76 Persamaan Replacement Spare 2028.....	150
Tabel 4.77 Persamaan Total Spare 2028.....	150
Tabel 4.78 Persamaan Average Spare Condition.....	151
Tabel 4.79 Persamaan Replacement PS 2029.....	151
Tabel 4.80 Persamaan Total PS 2029.....	152
Tabel 4.81 Persamaan Average PS Condition.....	152
Tabel 4.82 Persamaan Replacement PT/LA 2030.....	152
Tabel 4.83 Persamaan Total PT/LA 2030.....	153
Tabel 4.84 Persamaan Average PT/LA Condition.....	153
Tabel 4.85 Persamaan Replacement Kopel 2031.....	154
Tabel 4.86 Persamaan Total Kopel 2031.....	154
Tabel 4.87 Persamaan Average Kopel Condition.....	154

Tabel 4.88 Persamaan Condition Sensor 1 .....	155
Tabel 4.89 Persamaan Condition Sensor 2 .....	156
Tabel 4.90 Persamaan Jasbor Number dan Jasbor Salary ....	156
Tabel 5.1 Analisa Hasil Kondisi Penyulang Operasi.....	174
Tabel 5.2 Analisa Hasil Kondisi Inc.....	175
Tabel 5.3 Analisa Hasil Kondisi Spare.....	176
Tabel 5.4 Analisa Hasil Kondisi Trafo PS .....	177
Tabel 5.5 Analisa Hasil Kondisi PT/LA.....	178
Tabel 5.6 Analisa Hasil Kondisi Kopel.....	179
Tabel 5.7 Analisa Hasil Biaya In Service Inspection .....	180
Tabel 5.8 Analisa Hasil Biaya In Service Measurement .....	182
Tabel 5.9 Analisa Hasil Total Maintenance Cost.....	183
Tabel 5.10 Analisa Hasil Penggunaan Penyulang Operasi...184	
Tabel 5.11 Analisa Hasil Penggunaan Inc.....	185
Tabel 5.12 Analisa Hasil Penggunaan Spare.....	186
Tabel 5.13 Analisa Hasil Penggunaan Trafo PS.....	188
Tabel 5.14 Analisa Hasil Penggunaan PT/LA.....	189
Tabel 5.15 Analisa Hasil Penggunaan Kopel .....	190
Tabel 5.16 Analisa Hasil .....	193
Tabel 6.1 Kesimpulan.....	229
Data Lampiran 1 Aset Gardu Induk .....	1
Data Lampiran 2 Biaya Shutdown Measurement.....	1
Data Lampiran 3 Biaya In Service Inspection.....	3
Data Lampiran 4 Biaya In Service Measurement.....	4
Data Lampiran 5 Durasi Penggunaan Penyulang Operasi.....	5
Data Lampiran 6 Durasi Penggunaan Inc.....	6
Data Lampiran 7 Durasi Penggunaan Spare.....	7
Data Lampiran 8 Durasi Penggunaan Trafo PS.....	9
Data Lampiran 9 Durasi Penggunaan PT/LA.....	10
Data Lampiran 10 Durasi Penggunaan Kopel .....	11
Data Lampiran 11 Frekuensi Shutdown Measurement .....	12

Data Lampiran 12 Frekuensi In Service Inspection .....	13
Data Lampiran 13 Frekuensi In Service Measurement .....	15



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab pendahuluan ini akan diuraikan proses identifikasi masalah penelitian yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan tugas akhir, manfaat kegiatan tugas akhir dan relevansi pengerjaan tugas akhir. Berdasarkan uraian pada bab ini, diharapkan gambaran umum permasalahan dan pemecahan masalah pada tugas akhir ini dapat dipahami.

### **1.1. Latar Belakang**

PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN) merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang mengelola tenaga listrik untuk disalurkan kepada masyarakat Indonesia. Misi PT. PLN (Persero) adalah untuk menjadikan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat Indonesia [1]. Sehingga sudah sepatutnya PT. PLN mampu memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik. Apalagi dewasa ini listrik telah menjadi kebutuhan primer yang harus terpenuhi demi menunjang kegiatan sehari-hari masyarakat. Baik yang bersifat ekonomis maupun tidak.

Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat akan listrik tersebut, PT. PLN (Persero) memiliki aset perusahaan yang digunakan untuk menjalankan kegiatan operasionalnya. Aset sendiri merupakan investasi yang dilakukan perusahaan dalam jangka panjang untuk mendukung proses bisnis perusahaan. Sehingga keberadaan aset menjadi sangat penting untuk ditelusuri dan dipelihara [2]. Dengan kata lain, aset merupakan komponen yang berharga bagi perusahaan dan harus dikelola dengan benar. Tujuan dari pengelolaan aset adalah untuk mengoptimalkan potensi pelayanan dari aset, meminimalisir resiko serta biayanya, serta meningkatkan nilai positif dalam

siklus kehidupan suatu aset. Pemeliharaan aset yang tepat, melalui proses yang sesuai serta penempatan sumber daya manusia dengan kapabilitas yang baik, menjadi faktor penting untuk memenuhi tujuan tersebut [3].

PT. PLN (Persero) sebagai satu-satunya perusahaan negara yang berfungsi sebagai penyedia tenaga listrik di Indonesia, memiliki tanggung jawab untuk mengelola dan mendistribusikan listrik hingga sampai ke masyarakat [4]. Secara sederhananya listrik yang dimiliki PT. PLN (Persero) disalurkan kepada pelanggan melalui tiga tahapan, yakni listrik diproduksi di pembangkit listrik kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi, yang terdiri atas SUTET (Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi) dan SUTT (Saluran Udara Tegangan Tinggi), baru didistribusikan kepada pelanggan. Baik itu pelanggan bisnis, rumah tangga, sosial, atau publik. Dalam proses penyaluran listrik kepada pelanggan, perawatan menjadi faktor utama yang harus menjadi perhatian. PT. PLN (Persero) wajib memastikan jaringan serta berbagai peralatan pendukung selalu berfungsi dan terawat dengan baik agar keandalan pasokan listrik kepada pelanggan dapat terjaga [5]. Jaringan dan peralatan pendukung yang ada di sisi pembangkit, transmisi, dan distribusi merupakan aset berharga yang dimiliki PT. PLN (Persero). Aset tersebut perlu dirawat dengan baik agar penggunaannya dalam memberikan pelayanan bagi pelanggan menjadi lebih optimal. Melalui pengelolaan dan perawatan yang baik umur aset bisa menjadi lebih panjang atau lebih tahan lama. Hal ini bisa dicapai dengan dilakukan pemantauan aset PT. PLN (Persero) untuk kemudian dimodelkan dan diskenariokan agar penggunaan aset di masa depan menjadi lebih optimal.

Di Kota Surabaya terdapat kantor distribusi tenaga listrik milik PT. PLN (Persero) yang dikenal sebagai kantor Area

Pengaturan Distribusi (APD) Jawa Timur. PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur memiliki tugas untuk menyediakan dan mengawasi penyediaan tenaga listrik yang ada di daerah Jawa Timur. Untuk menjalankan tugas dan tanggung jawabnya di Jawa Timur, PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dibantu oleh 15 wilayah administrasi propinsi Jawa Timur yang tersebar diantaranya meliputi Surabaya, Sidoarjo, Malang, Gresik, hingga Ponorogo [6]. Dalam menjalankan tugas-tugasnya, PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur memiliki aset yang tak hanya berada di sekitar lingkungan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur, tapi juga tersebar di beberapa sisi mulai dari pembangkit, jaringan distribusi dan rayon. Aset yang dimiliki PT PLN (Persero) APD Jawa Timur juga beragam dan memiliki nilai yang besar. Sejauh ini penggunaan aset di PT PLN (Persero) APD Jawa Timur masih belum optimal. Seringkali terjadi beberapa masalah berupa tidak handalnya penggunaan aset itu sendiri [7].

Aset yang dianggap belum optimal khususnya pada aset Gardu Induk. Gardu Induk merupakan sub-sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai pengendali, penghubung, dan pelindung serta membagi tenaga listrik dari sumber tenaga listrik. Apabila tidak digunakan dengan baik ditakutkan aset mengalami kerusakan dan menyebabkan gangguan pada jaringan distribusi tenaga listrik. Permasalahan tersebut terjadi karena beberapa faktor, yang pertama yakni fungsi dari aset yang masih tidak digunakan sebagai semestinya. Kemudian disebabkan juga oleh usia dan harga dari aset-aset yang terdapat di Gardu induk. Aset-aset di Gardu Induk merupakan aset yang mahal sehingga dalam melakukan penggantian aset baru harus diperhatikan secara matang. Sehingga meskipun aset telah berusia uzur namun masih dapat dioperasikan, biasanya aset tersebut akan terus digunakan sampai tenaganya habis. [7].

Sesuai dengan tujuan tugas akhir ini, hasil yang diharapkan adalah perangkat model dan simulasi yang dapat mengoptimalkan durasi penggunaan aset jaringan distribusi listrik dan *dashboard* untuk menampilkan hasil dari model dan memberikan masukan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen aset yang dapat digunakan sebagai solusi bagi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur untuk menyelesaikan permasalahan yang ada khususnya dalam mengoptimalkan durasi penggunaan aset agar aset dapat digunakan dalam waktu lama dan dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Dengan adanya tugas akhir ini harapannya kegiatan operasional PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dapat menjadi lebih maksimal dan secara tidak langsung turut membantu PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur untuk terus menyediakan tenaga listrik sebagai media untuk meningkatkan kualitas kehidupan masyarakat Indonesia.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, maka rumusan masalah yang akan menjadi fokus dan akan diselesaikan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Apa saja aset pada sisi jaringan distribusi yang dimiliki PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur?
2. Bagaimana pemeliharaan dan penggunaan aset yang sudah diterapkan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur saat ini?
3. Bagaimana skenario pemeliharaan aset untuk mengoptimalkan durasi penggunaan aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur?
4. Bagaimana hasil dari model dan skenario akan ditampilkan ke pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur?

### 1.3. Batasan Masalah

Mengacu kepada permasalahan yang disebutkan diatas, batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Aset yang digunakan sebagai bahan penelitian merupakan aset yang dimiliki oleh pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
2. Aset yang digunakan sebagai bahan penelitian merupakan aset pada sisi jaringan distribusi yakni bagian Gardu Induk (GI) wilayah Metropolis. Wilayah metropolis memiliki lima GI yang dianggap paling kritis yakni GI Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.
3. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data yang bersifat terbuka dan disediakan oleh pihak HAR 20KV PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan yang disebutkan diatas, tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui apa saja aset pada sisi jaringan distribusi yang dimiliki PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
2. Mengetahui proses pemeliharaan dan penggunaan aset yang sudah diterapkan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur saat ini.
3. Melakukan pemodelan untuk mendapatkan skenario pemeliharaan aset untuk mengoptimalkan durasi penggunaan aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
4. Merancang *dashboard* untuk menampilkan hasil dari model dan memberikan masukan dalam pengambilan keputusan terkait manajemen aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

5. Memberikan evaluasi terkait proses bisnis eksisting sebagai masukan kepada pihak perusahaan untuk meningkatkan kinerja bisnis.

### **1.5. Manfaat Penulisan**

Manfaat tugas akhir ini terbagi menjadi dua, yaitu manfaat secara teoritis dan manfaat secara praktis:

#### **1.5.1. Keilmuan:**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat teoritis yakni terciptanya model untuk pemeliharaan aset serta *dashboard* untuk menampilkan hasil dari model pemeliharaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

#### **1.5.2. Praktis:**

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang terkait dalam tugas akhir ini, yakni:

1. Dapat memberikan masukan bagi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dalam melakukan pemeliharaan aset agar durasi penggunaan aset di masa depan menjadi optimal.
2. Untuk memberikan masukan bagi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dalam mengurangi biaya pemeliharaan aset.
3. Bagi mahasiswa diharapkan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai sarana mengaplikasikan teori dan ilmu yang dipelajari selama masa perkuliahan untuk lingkungan kerja yang sebenarnya.
4. Diharapkan tugas akhir ini dapat dijadikan referensi bagi peneliti lain yang ingin mengangkat topik yang sama namun dengan sudut pandang yang berbeda.

### **1.6. Relevansi**

Tugas akhir ini berkaitan dengan mata kuliah Simulasi Sistem dan Kecerdasan Bisnis dan masuk dalam topik Laboratorium Sistem Enterprise (SE).



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini akan membahas mengenai penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan tugas akhir dan teori - teori yang berkaitan dengan permasalahan tugas akhir.

### **2.1. Landasan Teori**

Dasar teori berikut ini merupakan sekumpulan teori yang digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan tugas akhir dengan mengacu kepada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya serta buku dan literatur yang telah diterbitkan. Berikut ini adalah landasan teori yang digunakan sebagai acuan oleh penulis dalam melaksanakan tugas akhir.

#### **2.1.1. Profil PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur**

PT. PLN (Persero) APD Jatim berlokasi di JL. Embong Wungu No.4, Surabaya, Jawa Timur. Di Jawa Timur hanya terdapat satu APD (Area Pengaturan Distribusi) yang berperan sebagai sub-unit yang mengatur distribusi energi listrik di wilayah Jawa Timur. Kantor ini juga berfungsi untuk pengaturan pembebanan di sisi distribusi ke pelanggan. Wilayah usaha PT. PLN (Persero) APD Jatim dibagi menjadi beberapa wilayah pelayanan yang melayani wilayah administrasi propinsi Jawa Timur, yakni [6]:

- Area Pelayanan & Jaringan Surabaya Selatan
- Area Pelayanan & Jaringan Surabaya Utara
- Area Pelayanan & Jaringan Malang
- Area Pelayanan & Jaringan Pasuruan
- Area Pelayanan & Jaringan Kediri
- Area Pelayanan & Jaringan Mojokerto
- Area Pelayanan & Jaringan Madiun
- Area Pelayanan & Jaringan Jember

- Area Pelayanan & Jaringan Bojonegoro
- Area Pelayanan & Jaringan Banyuwangi

### 2.1.2. Proses Penyaluran Tenaga Listrik

Secara sederhana proses penyaluran listrik disalurkan ke pelanggan melalui tiga tahapan, yakni pembangkit, transmisi, dan distribusi [5]. Pertama-tama tenaga listrik dibangkitkan dalam berbagai pusat pembangkit listrik seperti Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), atau Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Setelah dibangkitkan kemudian listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi dengan dinaikkan terlebih dahulu tegangannya menggunakan transformator penaik tegangan yang ada di pusat listrik. Saluran tegangan tinggi di Indonesia terbagi menjadi dua macam, yakni Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) yang mempunyai tegangan sebesar 150 Kv dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) yang mempunyai tegangan sebesar 500 Kv.

Tegangan listrik akan disalurkan melalui saluran transmisi ke Gardu Induk untuk diturunkan tegangannya menjadi tegangan menengah menggunakan transformator penurun tegangan. Tenaga listrik diturunkan tegangannya menjadi tegangan 380/220 Volt baru kemudian disalurkan melalui Jaringan Tegangan Rendah agar dapat disalurkan ke pengguna dengan menggunakan Sambungan Rumah [8].

### 2.1.3. Sistem Distribusi Tenaga listrik

Salah satu bagian dari sistem tenaga listrik adalah sistem distribusi. Pada sistem distribusi energi listrik yang dihasilkan di gardu induk akan disalurkan melalui sistem distribusi sampai ke pelanggan. Sehingga secara umum distribusi listrik memiliki dua fungsi. Yang pertama adalah untuk pembagian dan

penyaluran tenaga listrik ke tempat pelanggan. Yang kedua sistem distribusi berperan sebagai sub sistem tenaga listrik yang berhubungan secara langsung dengan pelanggan, dimana jaringan distribusi melayani langsung catu daya pada pusat-pusat bebannya yaitu pelanggan [9]. Sistem distribusi terdiri atas beberapa komponen yang menghubungkan sebuah sumber daya listrik yang besar dengan pelanggan. Komponen tersebut secara umum terdiri atas sebagai berikut [10]:

1. Gardu Induk

Sistem pendistribusian tenaga listrik dibedakan menjadi dua macam, yakni sistem pendistribusian langsung dan sistem pendistribusian tidak langsung. Apabila sistem pendistribusian listrik dilakukan secara tidak langsung, maka tahapan pertama dari sistem pendistribusian adalah melalui gardu induk terlebih dahulu. Gardu induk berfungsi untuk menurunkan tegangan dari jaringan transmisi serta menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi primer.

2. Jaringan Distribusi Primer

Pada sistem pendistribusian langsung jaringan distribusi primer merupakan tahapan awal penyaluran tenaga listrik dari gardu induk ke pelanggan. Sedangkan pada sistem pendistribusian tidak langsung jaringan distribusi primer merupakan tahapan lanjutan setelah jaringan transmisi dalam proses penyaluran tenaga listrik ke pelanggan. Jaringan distribusi primer memiliki tegangan sistem sebesar 20 Kv dan harus mampu melayani pelanggan di kota, pinggiran kota, dan daerah terpencil.

3. Gardu Distribusi

Gardu distribusi memiliki fungsi untuk mengubah tegangan listrik dari distribusi jaringan primer menjadi tegangan terpakai yang akan digunakan pelanggan. Tegangan terpakai dapat disebut juga sebagai jaringan distribusi sekunder.

#### 4. Jaringan Distribusi Sekunder

Jaringan distribusi sekunder adalah jaringan tenaga listrik yang berhubungan secara langsung dengan pelanggan. Besaran tegangannya adalah 130/230 V dan 130/400 V untuk sistem lama serta 230/400 V untuk sistem baru.

##### **2.1.4.** Gardu Induk Tenaga Listrik

Gardu induk merupakan sistem pendistribusian tenaga listrik yang berfungsi untuk menurunkan tegangan dari jaringan transmisi serta menyalurkan tenaga listrik melalui jaringan distribusi primer. Berikut ini adaah komponen-komponen yang terdapat pada gardu induk tenaga listrik [10] [11]:

##### 1. Penyulang Operasi

Penyulang Operasi berfungsi untuk membawa, mengantarkan, dan mempersiapkan tenaga listrik ke proses distribusi listrik. Penyulang operasi inilah yang menjadikan listrik di konsumen dapat menyala. Penggunaan Penyulang Operasi adalah alat dinyalakan dan akan terus *stand by* bertegangan dan kemudian dimatikan pada saat dilakukan pemeliharaan.

##### 2. *Inc*

*Inc* berfungsi sebagai penghubung dari sisi sekunder trafo (peralatan listrik yang dapat memindahkan tenaga listrik dari satu rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain) daya 150 kv atau 70 kv ke 20 kv.

Penggunaan *Inc* adalah alat dinyalakan dan akan terus *stand by* bertegangan dan kemudian dimatikan pada saat dilakukan pemeliharaan.

### 3. *Spare*

*Spare* berfungsi untuk peralatan listrik yang bekerja disaat terjadi pengembangan dan pemasangan komponen gardu induk baru. Penggunaan *Spare* adalah alat dinyalakan pada saat terjadi pengembangan dan pemasangan komponen gardu induk baru dan kemudian dimatikan saat kegiatan tersebut selesai dilakukan.

### 4. Trafo PS

Trafo PS berfungsi untuk menghubungkan busbar (titik pertemuan trafo listrik untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik) ke beban pemakaian listrik sendiri Gardu Induk. Penggunaan Trafo PS adalah alat dinyalakan dan akan terus *stand by* bertegangan dan kemudian dimatikan pada saat dilakukan pemeliharaan.

### 5. *Potential Transformer/Light Arrester*

*Potential Transformer/Light Arrester* berfungsi sebagai sarana pengukuran listrik dan melindungi peralatan listrik di gardu induk dari sambaran petir dan sinar matahari pada kawat transmisi. Penggunaan *Potential Transformer/Light Arrester* adalah alat dinyalakan dan akan terus *stand by* bertegangan dan kemudian dimatikan pada saat dilakukan pemeliharaan

### 6. Kopel

Kopel berfungsi sebagai peralatan listrik yang bekerja saat komponen-komponen gardu induk yang lain sedang dipelihara atau sedang mengalami

gangguan juga untuk menghubungkan antara trafo satu dan trafo lainnya. Penggunaan Kopel adalah alat dinyalakan pada saat komponen-komponen gardu induk yang lain sedang dipelihara atau sedang mengalami gangguan dan kemudian dimatikan saat kegiatan tersebut selesai dilakukan.

#### 2.1.5. Aset Sistem Distribusi

Pada sistem distribusi tenaga listrik terdapat tiga macam aset yakni aset fisik, aset keuangan, dan aset yang bersifat intangible. Aset fisik diantaranya seperti peralatan fisik dan alat kerja, sementara aset keuangan adalah aset yang dapat dipertanggungjawabkan secara akuntansi, dan aset yang bersifat intangible memiliki beberapa contoh seperti lisensi operasi dan keterampilan yang dimiliki pekerja. Dalam sistem distribusi aset fisik termasuk peralatan utama yakni instalasi tegangan tinggi dan tegangan ekstra tinggi, juga peralatan sekunder yakni alat monitoring, alat proteksi, dan alat diagnostik. Untuk aset keuangan meliputi biaya untuk mengelola aset seperti yang tertuang dalam Rencana Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP). Dan aset intangible adalah pengetahuan dan keterampilan pekerja dalam operasi dan pemeliharaan aset fisik [12].

Aset sistem distribusi sendiri dapat dikatakan optimal apabila terdapat manajemen aset sistem distribusi yang baik mengenai usia aset, strategi pemeliharaan dan pembaharuan serta mampu mendistribusikan tenaga listrik ke pelanggan secara konsisten [13].

#### 2.1.6. Pemeliharaan Aset

Pemeliharaan aset merupakan suatu proses yang sama pentingnya dengan produksi pada sebuah perusahaan. Dikarenakan peralatan atau fasilitas sebagai bagian dari aset

tidak hanya digunakan tapi juga perlu dipelihara atau dirawat agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang panjang dan proses produksi dapat berjalan lancar. Tujuan utama dari pemeliharaan aset adalah untuk memperpanjang umur dari aset serta menjamin ketersediaan aset yang digunakan dalam kegiatan produksi agar penggunaannya menjadi optimal [14]. Pemeliharaan aset yang baik juga dapat memberikan manfaat lain berupa meningkatnya kinerja keuangan perusahaan, meningkatnya pendapatan dari pemanfaatan aset, serta pengurangan biaya pemeliharaan. Dalam pemeliharaan aset membutuhkan beberapa faktor penting seperti keterampilan sumber daya manusia, keuangan yang memadai, serta proses dan prosedur yang baik. Oleh karena itu aset tidak hanya terdiri atas aset fisik saja. Sumber daya manusia, keuangan, dan proses juga termasuk dalam aset perusahaan karena dapat mempengaruhi optimal tidaknya aset fisik perusahaan [15].

Pemeliharaan aset Gardu Induk yang dilakukan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur terdiri atas tiga jenis yakni *Shutdown Measurement*, *In Service Inspection*, dan *In Service Measurement*. Pemeliharaan *Shutdown Measurement* merupakan kegiatan pengukuran yang dilakukan dalam keadaan alat tidak bertegangan. Tujuannya adalah untuk mengetahui kondisi peralatan secara rinci. Jenis pemeliharaan ini umumnya dilakukan setiap dua tahun sekali namun bisa saja dilakukan secara kondisional apabila ditemukan aset dalam kondisi bermasalah.

Kemudian pemeliharaan *In Service Inspection* merupakan kegiatan yang dilakukan saat kubikel dalam kondisi beroperasi. Tujuannya adalah untuk melakukan pendeteksian secara dini ketidaknormalan yang dapat terjadi di dalam kubikel tanpa perlu melakukan pemadaman. Jenis pemeliharaan ini dapat dilakukan dalam periode harian, bulanan, dan tiga bulanan. Dan



pemeliharaan *In Service Measurement* merupakan pengukuran yang dilakukan pada periode waktu tertentu. Tujuannya adalah untuk mengetahui dan memonitor kondisi peralatan dengan menggunakan alat pengukur yang lebih mutakhir yakni *PD Detector* dan *Thermovision*. Umumnya jenis pemeliharaan ini dilakukan dalam periode bulanan [16].

Berikut ini adalah istilah-istilah yang ada di pemeliharaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur beserta penjelasannya [16].

**Tabel 2.1 Penjelasan Istilah Pemeliharaan Aset**

Istilah	Penjelasan
Jasbor	Pekerja yang melaksanakan pemeliharaan aset jenis <i>Shutdown Measurement</i> dan <i>In Service Measurement</i>
Material	Peralatan yang digunakan dalam melaksanakan pemeliharaan aset jenis <i>Shutdown Measurement</i>
PD Detector dan Thermovision	Alat pengukuran yang digunakan dalam pemeliharaan aset jenis <i>In Service Measurement</i> dengan fungsi sebagai pendeteksi dan pengukur panas listrik

#### 2.1.7. Keandalan Aset

Aset yang handal adalah aset yang dapat dapat dipercaya, tangguh, dan konsisten saat digunakan. Atau dengan kata lain aset dapat dipercaya untuk melakukan apa yang diharapkan atau yang sudah dijanjikan. Untuk mencapai keandalan aset harus terdapat kesinambungan yang baik antara penggunaan dan pemeliharaan aset. Dimana penggunaan dan pemeliharaan aset

yang baik dapat memberikan keandalan sebagai hasilnya. Penggunaan aset fokus kepada proses yang handal dan pemeliharaan aset fokus kepada peralatan yang handal. Keandalan aset bisa berupa peningkatan kualitas dan kondisi aset, performa waktu penggunaan aset, dan performa kecepatan aset. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur diketahui bahwa keandalan aset yang diinginkan oleh perusahaan adalah peningkatan kondisi aset yakni memastikan aset memiliki kondisi diatas 50 persen [16].

#### 2.1.8. Optimasi Penggunaan Aset Perusahaan

Optimasi pemanfaatan aset perusahaan adalah proses kerja yang dilakukan manajemen aset perusahaan dengan tujuan untuk mengoptimalkan potensi secara fisik, lokasi, nilai, jumlah/volume, legal, dan ekonomi yang dimiliki aset tersebut [17]. Sedangkan menurut pengertian lainnya, optimasi pemanfaatan aset perusahaan merupakan hubungan antara kegunaan sebuah layanan dengan imbalan keuntungan. Sehingga dapat dikatakan optimalisasi pemanfaatan aset perusahaan merupakan proses pengoptimalan aset yang dapat memberikan manfaat yang lebih serta meningkatkan pendapatan perusahaan [18]. Untuk mengoptimalkan suatu aset perlu dibuatkan suatu formulasi strategi untuk meminimalisir ancaman dan dicari penyebabnya apabila ditemukan aset yang tidak dapat dioptimalkan. Dalam melakukan optimasi pemanfaatan aset harus dimaksimalkan ketersediaan aset, dimaksimalkan pengelolaan aset, serta diminimalkan biaya kepemilikannya [17].

Tujuan dari optimasi pemanfaatan aset secara umum adalah untuk mengidentifikasi dan menginventarisasi semua aset meliputi bentuk, ukuran, fisik, dan legalitasnya juga

mengetahui nilai pasar untuk setiap aset tersebut sebagai cerminan manfaat ekonomis sebuah aset. Yang kedua adalah untuk mengoptimalkan pengelolaan aset untuk mengetahui apakah aset tersebut sudah sesuai dengan peruntukannya atau belum. Dan ketiga adalah untuk menciptakan sistem informasi dan administrasi terhadap aset agar pemanfaatan aset menjadi lebih efektif dan efisien [17]. Secara umum terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan untuk dapat mencapai tujuan diatas, yang pertama adalah melakukan pendataan untuk semua aset yang dimiliki perusahaan mencakup ukuran, fisik, status legalitasnya, serta kondisi aset. Yang kedua dilakukan kegiatan penilaian nilai pasar atas aset dengan menggunakan beberapa metode penilaian yang lazim digunakan seperti pendekatan biaya dan pendekatan pendapatan [19]. Dapat disimpulkan pemanfaatan aset yang optimal dapat memberikan manfaat yang berdaya guna untuk meraih keuntungan perusahaan.

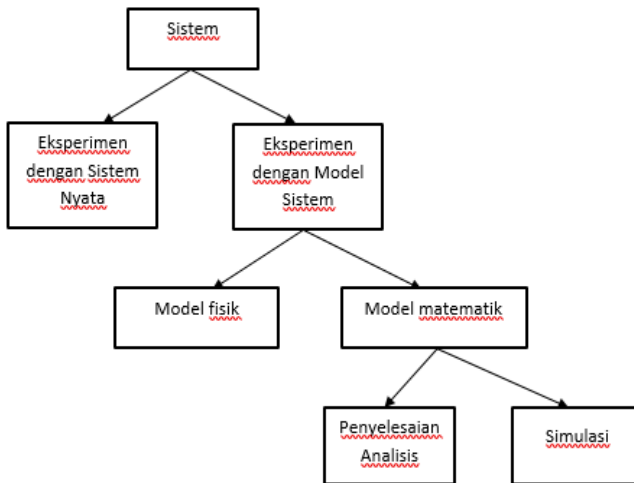
#### 2.1.9. *Partial Discharge Monitoring Sensor*

*Partial Discharge Monitoring Sensor* merupakan alat pemantauan yang diimplementasikan di Gardu , yang secara *online* dan *real time* menunjukkan status kondisi insulasi komponen-komponen listrik yang bertegangan atau tengah dioperasikan. Dengan adanya alat ini apabila terjadi masalah atau gangguan pada aset Gardu Induk, sistem sensor akan secara otomatis mengirimkan peringatan kepada pihak HAR 20KV selaku penanggung jawab pemeliharaan aset bahwa ada aset yang mengalami masalah dan segera ditindaklanjuti dengan melakukan proses pemeliharaan aset. *Partial Discharge Monitoring Sensor* sudah tersedia di pasaran dan merek yang umum digunakan oleh PT. PLN (Persero) adalah Osensa [16].

### 2.1.10. Pemodelan dan Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik yang digunakan untuk meniru proses-proses yang terjadi pada sebuah sistem dengan menggunakan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu agar sistem tersebut dapat dipelajari secara ilmiah [20]. Simulasi merupakan teknik yang tepat apabila diperlukan proses eksperimen untuk menemukan solusi atau skenario terbaik dari sebuah sistem. Karena tentunya diperlukan waktu yang lama apabila eksperimen dilakukan di dunia nyata. Melalui simulasi keputusan yang tepat dapat ditentukan secara cepat dan biaya yang diperlukan juga murah karena proses simulasi dilakukan dengan bantuan komputer [21]. Simulasi biasanya diawali dengan membangun suatu model dari sistem nyata yang ada. Selanjutnya model tersebut nantinya akan disimulasikan melalui komputer.

Sementara itu model merupakan representasi hasil dari sesuatu yang ada di dunia nyata. Pemodelan biasanya dibuat dalam gambaran yang sederhana dibandingkan bentuk riilnya. Dalam pemodelan melibatkan proses pemetaan masalah yang ada di dunia nyata, kemudian dilakukan proses analisis dan optimasi model, baru kemudian dipetakan kembali solusinya pada sistem yang ada di dunia nyata [20]. Dapat dikatakan melakukan pemodelan merupakan salah satu teknik untuk mempelajari sistem dan model termasuk bermacam-macam perbedaan perilakunya [21]. Dasar utama dalam pengembangan model adalah untuk menemukan perubahan yang tepat dan penting. Dibawah ini adalah klasifikasi dari pemodelan sistem sebagaimana dicetuskan oleh Law dan Keaton pada tahun 1991 [20]:



**Gambar 2.1 Klasifikasi Pemodelan Sistem**

#### 2.1.11. Sistem Dinamik

Sistem dinamik merupakan sebuah metode yang dikembangkan oleh J.W. Forrester di Massachusetts Institute of Technology (MIT) pada tahun 1961. Dalam menyusun model sistem yang kompleks metode sistem dinamik menggunakan hubungan sebab-akibat agar dapat mengenali tingkah laku sistem. Metode sistem dinamik memiliki beberapa karakteristik yakni memiliki dinamika sistem yang kompleks dan terdapat perubahan perilaku sistem terhadap waktu. Juga memiliki sistem umpan balik yang memberikan gambaran informasi baru mengenai keadaan sistem untuk menghasilkan keputusan selanjutnya [22].

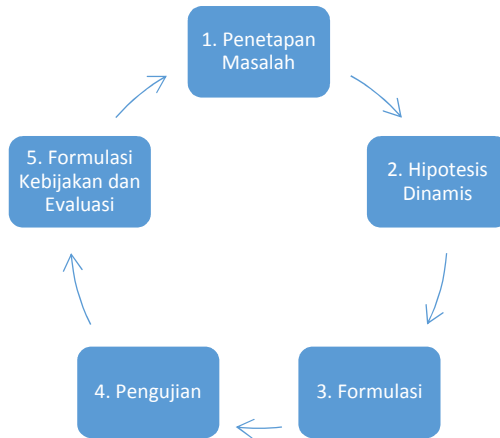
Dalam pengerjaan tugas akhir ini metode pemodelan dan simulasi yang dipilih adalah sistem dinamik. Dimana sistem dinamik dipilih karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya [23]:

1. Mampu menyediakan kerangka kerja bagi aspek kausalitas, nonlinearitas, dinamika serta perilaku endogen sistem.
2. Menciptakan pengalaman eksperimental bagi pengambil kebijakan sesuai dengan perilaku dari faktor-faktor pendukung sistem.
3. Menyediakan kemudahan dalam mengatur skenario simulasi sesuai dengan kehendak pihak yang melakukan simulasi.
4. Terdapat sumber informasi yang bersifat mental, tertulis, dan numerik sehingga hasil model lebih representatif dan berisi.
5. Mampu menghasilkan struktur model dari input-input manajerial dan mensimulasikannya dengan bantuan komputer yang kuantitatif.

Sistem dinamik memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut [24]:

1. Sistem dinamik menggunakan model simulasi untuk menyelesaikan masalah.
2. Bentuk model pada sistem dinamik diformulasikan secara matematis.
3. Perhitungan simulasi pada sistem dinamik dilakukan secara bertahap dalam interval waktu satu tahun.
4. Bentuk bangun model bisa berupa diagram alir.
5. Sistem dinamik memiliki struktur tertentu yang terdiri dari beberapa *loop-loop feedback*.

Berikut ini adalah langkah-langkah pemodelan dengan menggunakan metode sistem dinamik [25]:

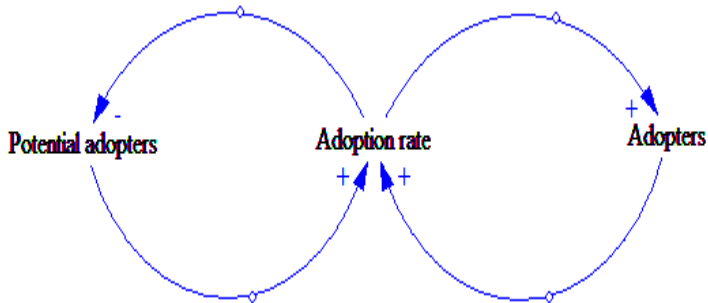


**Gambar 2.2 Langkah-Langkah Metode Sistem Dinamik**

#### 2.1.12. *Causal Loop Diagram*

*Causal Loop Diagram* (CLD) merupakan suatu diagram yang menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel-variabel yang saling mempengaruhi dalam sistem. Untuk menunjukkan bagaimana antar variabel saling mempengaruhi *Causal Loop Diagram* menggunakan tanda dengan bentuk panah. Hubungan antara variabel dapat bernilai positif dan negatif. Tanda panah positif memiliki arti bahwa perubahan pada satu variabel akan turut mengubah variabel lainnya secara searah. Sedangkan tanda panah negatif memiliki arti bahwa perubahan pada satu variabel akan turut mengubah variabel lainnya ke arah yang berlawanan. Panah yang terdapat pada *Causal Loop Diagram* membentuk lingkaran yang disebut dengan *reinforcing loops* dan *balancing loops*. *Reinforcing loops* menunjukkan hubungan sebab-akibat menciptakan kenaikan atau penurunan yang eksponensial. Sedangkan *balancing loops* menunjukkan pengaruh sebab-akibat menciptakan keadaan yang seimbang. *Causal Loop Diagram* menjadi dasar dalam membuat simulasi

dengan metode sistem dinamik yang menentukan sifat dari suatu sistem [12].



**Gambar 2.3 Contoh Causal Loop Diagram**

Berikut ini adalah tahapan dalam pembuatan *Causal Loop Diagram* [26]:

1. Mengidentifikasi variabel utama
2. Mempersiapkan grafik yang memperlihatkan gejala perlakuan terhadap waktu.
3. Mengembangkan *causal loop diagram*
4. Menganalisa gejala sebab-akibat terhadap waktu
5. Mengidentifikasi jalur sistem
6. Mengidentifikasi nilai tambah system
7. Mengembangkan strategi intervensi

#### 2.1.13. Konsep *Dashboard*

*Dashboard* merupakan visualisasi dari sekumpulan informasi yang paling penting untuk dipahami [27]. *Dashboard* dapat membantu pihak manajemen untuk memonitor aktifitas bisnis dan proses bisnis yang sedang berjalan agar pihak manajemen dapat menganalisa penyebab terjadinya perubahan performa perusahaan dari berbagai sudut pandang [28]. Sehingga



*dashboard* dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi proses yang sedang berjalan, memonitor kinerjanya, serta melakukan prediksi kondisi di masa mendatang [29]. Kriteria *dashboard* yang efektif adalah *dashboard* tersebut dapat dengan mudah dipahami dan digunakan pengguna. Yang paling penting dalam proses pembuatan *dashboard* adalah kesederhanaan desainnya. Informasi yang ditampilkan dalam *dashboard* hanyalah informasi yang dibutuhkan dan informasi disederhanakan tanpa adanya pengurangan makna dari informasi tersebut [30]. *Dashboard* juga harus bersifat dinamis, yakni memberikan pandangan yang sebenarnya secara tepat, serta memungkinkan pengguna mengetahui perubahan terbaru yang terjadi pada bisnis [31].

Terdapat empat elemen penting yang perlu diperhatikan dalam merancang *dashboard*. Yakni *screen* dan warna; tipe *chart*; animasi yang relevan; serta penempatan konten yang optimal. Dalam mendesain tampilan *dashboard* juga terdapat tiga faktor yang perlu diperhatikan yakni jumlah *windows/frame*, simetris dan proporsionalitas, dan resolusi komputer yang digunakan [31]. Secara umum pembuatan *dashboard* terdiri atas beberapa langkah utama. Yang pertama adalah melakukan pemetaan *Key Performance Indicators* (KPI). Selanjutnya melakukan analisa kebutuhan *dashboard*. Kemudian konstruksi data yang ingin divisualisasikan. Dengan menggunakan data yang ada dapat dilakukan *konstruksi dashboard* sesuai dengan tujuan dan kebutuhan [32].

## **2.2. Penelitian Terdahulu**

Penelitian terdahulu memaparkan acuan yang digunakan dalam menyusun tugas akhir. Acuan yang digunakan berupa dasar teori dan penelitian yang sejenis dengan tugas akhir yang

disusun. Berikut ini adalah hasilnya yang ditampilkan pada Tabel 2.2, Tabel 2.3, Tabel 2.4, Tabel 2.5, dan Tabel 2.6.

**Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu 1**

<b>Judul</b>	<b>MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN KEANDALAN JARINGAN DISTRIBUSI MENGGUNAKAN SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: PT.PLN (PERSERO) APD JAWA TIMUR)</b>
<b>Nama, Tahun</b>	Ayunda Puspa Kinanti, Erma Suryani, 2014
<b>Gambaran umum penelitian</b>	Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan sismulasi dengan menggunakan metode sistem dinamik untuk menyelesaikan permasalahan yang ada di PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan. Penulis melakukan analisis terhadap management aset jaringan untuk terhadap management aset jaringan yang dikatakan efektif apabila sistem pembaharuan perawatan dan keamanan aset yang berpengaruh dapat memberikan dampak pada keandalan distribusi energi listrik. Hasil dari penelitian ini adalah model simulasi yang dapat memberikan masukan kepada manajemen perusahaan dalam pengambilan keputusan untuk meningkatkan keandalan dan menurunkan <i>losses</i> (susut) distribusi energi listrik di masa depan.
<b>Keterkaitan penelitian</b>	Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode yang serupa yakni metode sistem dinamik. Juga memanfaatkan perangkat lunak yang sama yakni Vensana Simulator (Vensim) sebagai alat bantu dalam melakukan simulasi pemodelan. Perusahaan yang dijadikan sebagai subyek penelitian juga memiliki keterkaitan yakni PT. (Persero) PLN.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu 2

<b>Judul</b>	<b>MANAJEMEN ASET JARINGAN DISTRIBUSI ENERGI LISTRIK: SEBUAH PENDEKATAN SISTEM DINAMIK</b>
<b>Nama, Tahun</b>	Philip F.E Adipraja, Erma Suryani, Rully A.Hendrawan, 2015
<b>Gambaran umum penelitian</b>	Dalam penelitian ini dilakukan simulasi pemodelan untuk menganalisis dan mengembangkan skenario yang dapat digunakan untuk meningkatkan kondisi kinerja aset dan mengurangi susut teknis distribusi energi listrik. Hasil dari penelitian ini adalah skenario optimalisasi kondisi kinerja aset yang kemudian divisualisasikan melalui sistem informasi geografis PLN (GIS PLN).
<b>Keterkaitan penelitian</b>	Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode yang serupa yakni metode sistem dinamik. Juga memanfaatkan perangkat lunak yang sama yakni Vensana Simulator (Vensim) sebagai alat bantu dalam melakukan simulasi pemodelan.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu 3

<b>Judul</b>	<b>SIMULASI DAN PEMODELAN SISTEM PERSEDIAAN PADA PERUSAHAAN RETAIL DENGAN METODE SISTEM DINAMIK (STUDI KASUS: DISTRIBUTION CENTER HYPERMART SURABAYA)</b>
<b>Nama, Tahun</b>	Shinta Octaviani, Erma Suryani, 2014

<b>Gambaran umum penelitian</b>	Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan untuk melakukan analisa untuk mencegah atau meminimalkan terjadinya <i>out of stock</i> pada perusahaan retail sehingga kerugian yang dialami perusahaan dapat diturunkan. Hasil dari penelitian ini termasuk perbaikan sistem dan alur distribusi barang.
<b>Keterkaitan penelitian</b>	Penelitian yang dilakukan penulis memiliki keterkaitan yakni kesamaan dalam pemilihan topik simulasi dan pemodelan serta kesamaan dalam metode yaitu metode sistem dinamik.

Tabel 2.5 Penelitian Terdahulu 4

<b>Judul</b>	<b>PENGEMBANGAN MODEL SISTEM DINAMIK UNTUK MENINGKATKAN KEPUASAN PELANGGAN ENERGI LISTRIK (STUDI KASUS: PLN PAMEKASAN)</b>
<b>Nama, Tahun</b>	Mochamad Ari Saptari, Erma Suryani, Rully Agus Hendrawan, 2015
<b>Gambaran umum penelitian</b>	Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode sistem dinamik untuk menciptakan skenario yang dapat memodelkan karakteristik jaringan distribusi listrik PT. (Persero). Dimana tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencapai peningkatkan kepuasan pelanggan energi listrik di Madura dengan mempertimbangkan faktor-faktor utama dalam hal kepuasan pelanggan menggunakan metode SERVQUAL (Service Quality). Tujuan dari penelitian ini adalah harapannya model yang dihasilkan dapat digunakan oleh pihak terkait untuk kesejahteraan masyarakat Madura khususnya dalam pelayanan energi listrik.

<b>Keterkaitan penelitian</b>	Dalam penelitian ini metode sistem dinamik digunakan untuk memodelkan karakteristik distribusi listrik PLN. Dimana hal tersebut memiliki keterkaitan dengan tujuan tugas akhir ini yakni memodelkan skenario dalam jaringan distribusi listrik PLN.
-------------------------------	---

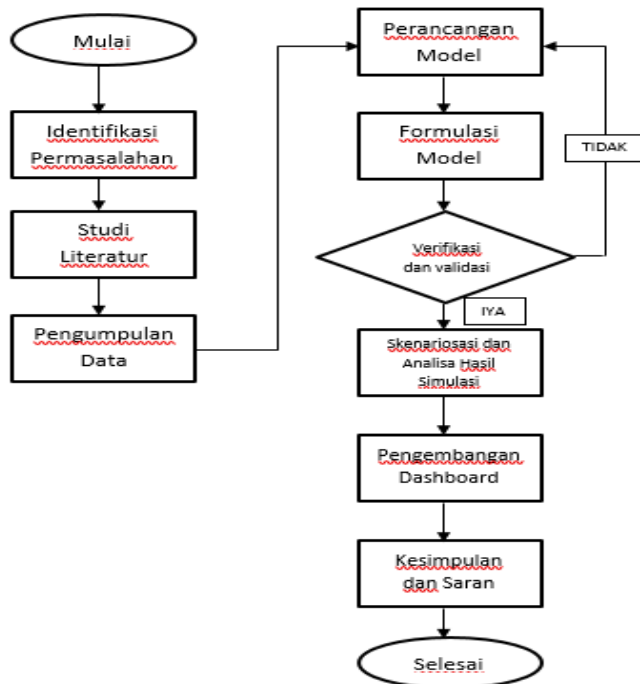
<b>Judul</b>	<b>PEMBUATAN <i>DASHBOARD</i> OPERASIONAL UNTUK MEMANTAU PERFORMA JARINGAN SPEEDY MENURUT PENGUKURAN NETWORK ANALYSIS (STUDI KASUS: DIVISI ACCESS PT. TELEKOMUNIKASI INDONESIA)</b>
<b>Nama, Tahun</b>	Rachmadita Andreswari, Rully Agus Hendrawan, Radityo Prasetyanto W., 2012
<b>Gambaran umum penelitian</b>	Dalam penelitian ini dilakukan perancangan dashboard operasional bagi Divisi Access PT. Telekomunikasi Indonesia sebagai upaya untuk menunjang pelayanan akses jaringan internet Speedy yang dimiliki PT. Telekomunikasi Indonesia. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memenuhi kebutuhan perusahaan akan sebuah perangkat laporan terintegrasi yang berisikan ringkasan dari pengukuran performa jaringan internet.
<b>Keterkaitan penelitian</b>	Penelitian ini memiliki persamaan dalam pengembangan <i>dashboard</i> sebagai upaya untuk menampilkan informasi yang lebih informatif bagi perusahaan terkait.

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam pengerjaan tugas akhir beserta deskripsi dan penjelasan tiap tahapan tersebut.

### 3.1. Diagram Metodologi

Pada sub bab ini menjelaskan mengenai metodologi atau tahapan dalam pelaksanaan tugas akhir. Tahapan-tahapan tersebut memiliki jangka waktu yang berbeda-beda yang telah ditentukan agar dapat membantu dalam penyelesaian pengerjaan tugas akhir ini. Berikut ini adalah alur pengerjaannya sebagai mana dijelaskan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

### 3.2. Uraian Tahapan Pelaksanaan Tugas Akhir

Metode yang digambarkan pada diagram sebelumnya, akan dijelaskan dalam sub-bab uraian metodologi sebagai berikut. Dimulai dari identifikasi permasalahan, studi literatur, pengumpulan data, penyusunan model, formulasi model, verifikasi dan validasi model, skenariosasi dan analisa hasil simulasi, pengembangan dashboard, dan penulisan kesimpulan dan saran.

#### 3.2.1. Identifikasi Permasalahan

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi mengenai kondisi terkini dan gambaran umum mengenai permasalahan sistem. Mulai dari aset apa saja pada sisi distribusi yang dimiliki perusahaan, proses pemantauan dan pemeliharaan aset yang sudah diterapkan di perusahaan, permasalahan yang menyebabkan masih belum optimalnya penggunaan aset di perusahaan, serta hal-hal lain yang dibutuhkan untuk mendapatkan gambaran umum tugas akhir.

Untuk mengetahui dan memahami permasalahan yang terjadi di perusahaan perlu dilakukan pengumpulan data dan informasi yang sebenarnya terjadi di perusahaan. Dalam tugas akhir ini permasalahan yang diangkat adalah pemodelan dan simulasi untuk mengoptimalkan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur kemudian ditampilkan dalam visualisasi *dashboard* agar hasil pemodelan dan simulasi dapat dipahami secara lebih baik.

#### 3.2.2. Studi Literatur

Dalam pengerjaan tugas akhir ini telah dipelajari tentang hal-hal yang diperlukan sebagai ilmu penunjang dengan mencari sumber-sumber pendukung. Sumber-sumber pendukung

tersebut dapat berupa buku, jurnal tugas akhir, *paper*, dan *e-book*. Berikut ini adalah subyek literatur yang dipelajari:

1. Perawatan dan pemanfaatan aset perusahaan yang optimal
2. Proses penyaluran listrik dan sistem distribusi listrik
3. Pemodelan dan simulasi dengan sistem dinamik
4. Pengembangan *dashboard*

Harapannya dengan memahami dasar-dasar teori terkait dapat membantu menyelesaikan permasalahan yang diangkat di tugas akhir.

### 3.2.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini akan dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam menyelesaikan permasalahan yang diangkat di tugas akhir. Proses pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi secara langsung pada perusahaan yang bersangkutan yakni PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Penelitian dan pengumpulan data dilakukan dengan melakukan wawancara baik secara lisan maupun tulisan dengan pihak terkait, pengamatan dan studi pustaka, serta proses lainnya sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan oleh kepala/pimpinan perusahaan tersebut. Data-data yang penunjang yang dibutuhkan diantaranya adalah:

1. Data aset pada sisi distribusi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
2. Data penggunaan aset (tahun pemasangan, penggunaan aset) PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
3. Data kondisi aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.



#### 4. Data lain yang mendukung penggunaan aset.

Proses penelitian dan pengumpulan data akan dilakukan di kantor PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berlokasi di Jl. Embong Wungu No.4 Kota Surabaya. Sementara untuk waktu pelaksanaannya akan disesuaikan dengan kesepakatan dengan pihak dari perusahaan.

#### 3.2.4. Penyusunan Model

Pada tahapan ini akan dilakukan perancangan model kerangka yang akan membentuk sistem yang menggambarkan variabel-variabel yang didapatkan. Perancangan model dilakukan dengan membuat *Causal Loop Diagram* yang memiliki fungsi untuk mendeskripsikan hubungan sebab-akibat antar variabel dalam rangkaian yang baik dan sesuai dengan sistem.

##### 3.2.4.1 Analisa Variabel

Berdasarkan studi literatur yang dilakukan didapatkanlah beberapa variabel yang menjadi elemen penting dalam penggunaan aset pada sistem distribusi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Variabel ini didapatkan melalui beberapa proses, yakni studi literatur dan wawancara serta diskusi dengan pihak perusahaan yakni Pak Made Dwipayana, Pak Septiadi Galindra, dan Pak Burhan dari PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Variabel-variabel tersebut nantinya akan digunakan dalam tugas akhir ini, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 3.1:

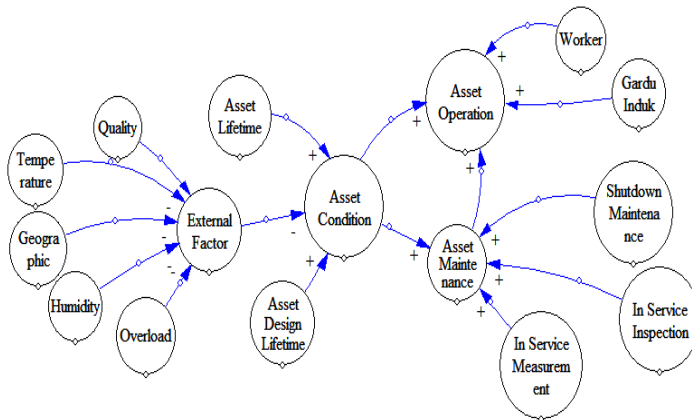
**Tabel 3.1 Variabel yang Digunakan**

Nama Variabel	Penjelasan Variabel
Pemeliharaan aset	Pemeliharaan aset yang baik memiliki peranan penting dalam meningkatkan kondisi aset tenaga listrik. Pemeliharaan aset juga dapat berpengaruh pada penggunaan aset, yakni semakin baik pemeliharaannya maka lama waktu penggunaan sebuah aset dapat menjadi lebih lama.
Penggunaan Aset	Menunjukkan lama waktu aset-aset yang dimiliki PLN APD Jawa Timur dapat dioperasikan setiap tahunnya.
<i>Replacement</i> aset	<i>Replacement</i> aset (penggantian aset lama dengan aset yang baru) memiliki peranan penting dalam meningkatkan kondisi aset tenaga listrik. Apabila kondisi aset sudah tidak baik maka harus dilakukan <i>replacement</i> aset.
Biaya pemeliharaan	Menunjukkan yang dikeluarkan perusahaan dalam proses pemeliharaan meliputi pemeliharaan <i>shutdown maintenance, in service inspection</i> , dan <i>in service measurement</i> .

### 3.2.4.2 Pembuatan Diagram Kausatik

Pada tahapan ini variabel yang sudah disebutkan sebelumnya akan dianalisis dan dibuat menjadi *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antar variabel yang saling mempengaruhi dalam sistem agar dapat disesuaikan dengan perilaku sistem aktual. Berikut ini adalah *Causal Loop*

Diagram penggunaan aset pada pada sistem distribusi PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 3.2.



**Gambar 3.2 Diagram Kausatik Pemeliharaan dan Penggunaan Aset**

### 3.2.5. Formulasi Model

Pada tahapan ini dilakukan formulasi model yang akan digunakan pada proses simulasi. Dibuatlah model matematis berupa *flow diagram* berdasarkan *base model* yang telah dibuat sesuai dengan hubungan antar variabel yang menggambarkan sistem. Formulasi model dilakukan dengan menggunakan *software* simulasi Vensana Simulation (Vensim).

### 3.2.6. Verifikasi dan Validasi Model

Pada tahapan ini akan dilakukan pengujian model melalui dua tahapan yakni verifikasi dan validasi model. Verifikasi model dilakukan untuk mengecek model apakah logika operasional model sudah sesuai dengan logika alurnya atau tidak. Melalui verifikasi model dapat diketahui apakah model sudah terbebas dari kesalahan atau belum. Verifikasi model perlu dilakukan

untuk memastikan model dapat memberikan solusi penyelesaian masalah yang masuk akal dan memastikan variabel-variabel yang penting tidak terabaikan.

Selanjutnya dilakukan validasi model yang bertujuan untuk memastikan apakah model sudah dapat merepresentasikan sistem nyata yang sedang dimodelkan [33]. Suatu model dapat dikatakan mampu merepresentasikan sistem nyata apabila tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara model dan sistem aktual baik dari segi perilaku maupun karakteristiknya. Validasi model dapat dilakukan melalui dua acara pengujian yaitu uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dan uji perbandingan variasi amplitudo (*% error variance*). Suatu model dapat dikatakan valid apabila hasil uji *mean comparison* adalah kurang dari sama dengan 5 persen. Dan hasil uji *% error variance* adalah kurang dari sama dengan 30 persen [34].

Berikut ini adalah dua cara yang dapat digunakan untuk melakukan uji *mean comparison* dan *% error variance* tersebut [34]:

1. Uji Perbandingan Rata-rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{S - A}{A}$$

Dimana:

S = Nilai rata-rata hasil simulasi

A = Nilai rata-rata data historis

2. Uji Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana:

Ss = Standar deviasi hasil simulasi

Sa = Standar deviasi data historis

Melalui proses verifikasi dan validasi akan dihasilkan model simulasi yang teruji keandalannya. Namun setelahnya model harus dianalisis kembali melalui proses skenariosasi dan analisa hasil simulasi.

### 3.2.7. Skenariosasi dan Aanalisa Hasil Simulasi

Pada tahapan ini akan dilakukan penyusunan skenario yang dilakukan untuk mendapatkan kondisi ideal dari sistem. Skenariosasi dilakukan dengan mengubah nilai pada variabel yang memberikan pengaruh pada performa sistem. Skenariosasi ini dilakukan dengan memanfaatkan data yang diperoleh dari perusahaan. Pada sistem dinamik sendiri terdapat dua jenis skenario, yakni skenario parameter dan skenario struktur. Skenario parameter dilakukan dengan mengubah nilai parameter model lalu dilihat seperti apa dampaknya terhadap output *model*. Dalam skenario parameter ada tiga pengembangan yakni dalam bentuk optimis, *most likely*, dan pesimis. Sedangkan skenario struktur dilakukan dengan mengubah struktur model, menambahkan beberapa *feedback loop* dan mengubah struktur *feedback loop*, serta menambahkan parameter baru. Hal ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi struktur yang dapat memperbaiki kinerja sistem.

Berdasarkan skenario yang telah dibuat dilakukan analisa untuk menentukan skenario terbaik yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada tugas akhir.

### 3.2.8. Pengembangan *Dashboard*

Pada tahapan ini hasil dari pemodelan dan simulasi akan divisualisasikan dalam bentuk *dashboard* agar hasil dari pemodelan dan simulasi tersebut menjadi lebih informatif dan lebih mudah dipahami pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Pengembangan *dashboard* menggunakan perangkat

lunak milik Microsoft yakni Power BI. Pengembangan *dashboard* terdiri atas dua tahapan yakni tahapan analisis dan desain serta tahapan konstruksi. Penjelasan dari kedua tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Analisa dan Desain

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi *Key Performance Indicator* (KPI) terkait penggunaan aset yang optimal di perusahaan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, KPI terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur adalah penggunaan aset yang efisien, handal, dan dapat difungsikan sebagaimana semestinya, dimana ditandai dengan durasi penggunaan aset meningkat dari tahun ke tahun; usia aset tidak uzur dan kondisi aset tidak berada di bawah 50 persen; serta aset dapat dipelihara dengan baik dan dapat ditekan biaya pemeliharaannya. KPI yang telah teridentifikasi akan dijadikan bahan masukan dalam melakukan pemodelan dan simulasi. Setelah hasil dari pemodelan dan simulasi didapatkan, selanjutnya memetakan kebutuhan *dashboard* dan merancang desain *interface* dari *dashboard*.

#### 2. Konstruksi

Langkah selanjutnya adalah melakukan konstruksi data dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Data diperoleh dari hasil pemodelan dan simulasi yang dilakukan. Kemudian data yang sudah terkonstruksi akan diimpor ke Power BI. Langkah terakhir adalah mengkonstruksi *dashboard* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan dengan menggunakan Power BI.

Yang akan divisualisasikan dalam *dashboard* untuk ditunjukkan kepada pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur adalah informasi mengenai jenis aset, jumlah aset, tahun penggunaan dan *replacement* aset, kondisi aset, biaya pemeliharaan aset, serta informasi terkait durasi penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

### 3.2.9. Kesimpulan dan Saran

Tahapan terakhir yang dilakukan adalah membuat kesimpulan untuk memastikan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir sudah tercapai dan memberikan saran yakni pengembangan yang dapat dilakukan pada penelitian berikutnya. Dilakukan pembuatan laporan tugas akhir agar semua langkah-langkah yang dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir dapat terdokumentasi dengan baik dan dapat memberikan pengetahuan bagi penelitian selanjutnya.

## **BAB 4 MODEL DAN IMPLEMENTASI**

Pada bab model dan implementasi penulis akan membahas mengenai proses pembuatan dari model yang diadaptasikan dari sistem nyata yang dijadikan subyek penelitian beserta penjelasannya. Selanjutnya model yang telah dibuat akan divalidasikan agar mampu merepresentasikan keadaan nyata dari sistem. Proses pengembangan model dilakukan dengan menggunakan aplikasi Ventana Simulation (Vensim).

### **4.1. Data Masukan**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, data diperoleh dengan melakukan observasi secara langsung ke lapangan serta melakukan wawancara baik secara lisan maupun tulisan dengan pihak karyawan PT.PLN (Persero) APD Jawa Timur. Data yang didapatkan berfokus pada divisi HAR KV20 yang bertanggung jawab dalam proses pemeliharaan dan penggunaan aset. Berikut ini merupakan informasi mengenai data yang diperoleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur:

- Data Aset Gardu Induk PLN APD Jawa Timur (Lampiran)
- Data Biaya Pemeliharaan Aset (Lampiran)
- Data Waktu Operasional Aset (Lampiran)
- Data Frekuensi Pemeliharaan (Lampiran)

Data-data tersebut akan diproses menjadi sebuah model simulasi dan skenario dengan menggunakan bantuan aplikasi Vensim. Data-data tersebut akan terlampirkan pada bagian lampiran.



#### **4.2. Pemrosesan Data**

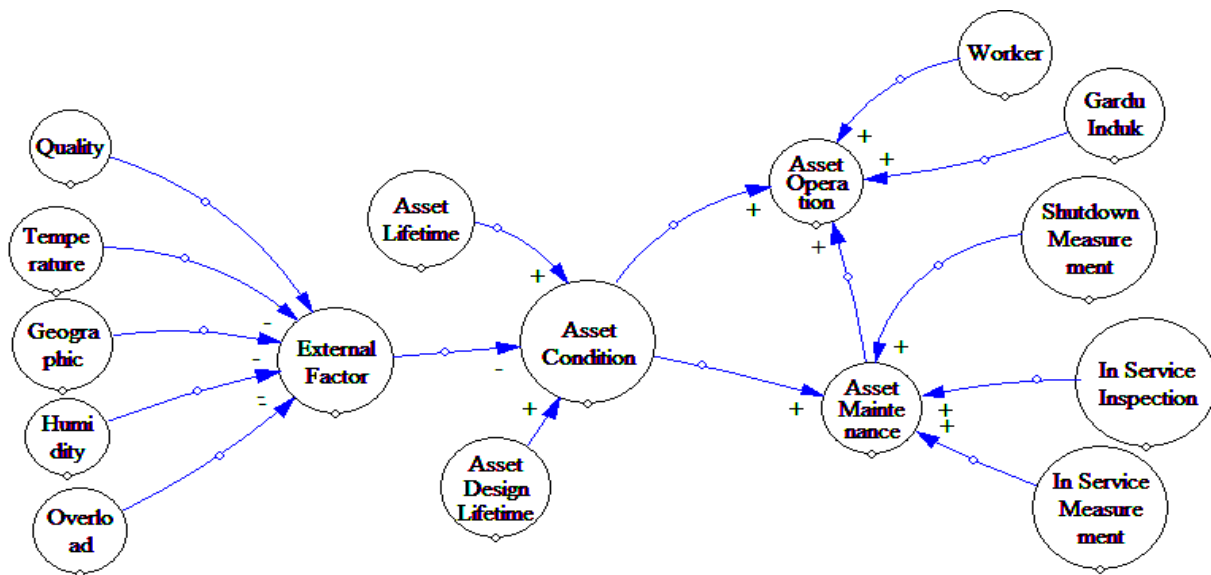
Pada tahapan pemrosesan data dilakukan analisa terhadap data yang telah diperoleh dari perusahaan untuk menemukan hubungan antar variabel yang signifikan pada sistem untuk kemudian dibuat menjadi model yang mampu merepresentasikan sistem yang terdapat di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Untuk memastikan model mampu merepresentasikan sistem nyata selanjutnya akan dilakukan uji verifikasi dan validasi dengan melakukan perhitungan dan perbandingan rata-rata serta standar deviasi antara nilai hasil simulasi dengan data historis perusahaan.

#### **4.3. Pembuatan Konseptual Model**

Pada tahapan ini ditentukan konseptual model yang sesuai untuk mengetahui kondisi awal dari masing-masing variabel pada sistem juga untuk menentukan kesesuaian model dengan kondisi perusahaan saat ini. Konseptual model dibuat dalam bentuk *Causal Loop Diagram* (CLD) untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar variabel pada sistem. Dimana hubungan sebab-akibat pada *Causal Loop Diagram* (CLD) bisa berupa hubungan positif maupun hubungan negatif. Hubungan positif menggambarkan hubungan yang searah sedangkan hubungan negatif menggambarkan hubungan yang berlawanan arah.

Model yang dikembangkan dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana kondisi aset saat ini dan bagaimana dampaknya terhadap pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Dimana harapannya biaya pemeliharaan aset dapat ditekan dan aset dapat beroperasi lebih lama.

Proses awal yang harus dilakukan adalah dengan melakukan identifikasi variabel yang berpengaruh dalam proses pemeliharaan dan penggunaan aset. Pada tugas akhir ini kondisi aset Gardu Induk (*asset condition*) memberikan pengaruh terhadap pemeliharaan (*asset maintenance*) dan penggunaan aset Gardu Induk (*asset operation*). Variabel-variabel tersebut dapat digunakan untuk memahami proses manajemen aset yang diterapkan di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dan sudah disesuaikan dengan sistem yang terdapat di perusahaan. Implementasi model dasar dalam bentuk *Causal Loop Diagram* (CLD) adalah sebagai berikut ini:



Gambar 4.1 Causal Loop Diagram Pemeliharaan dan Penggunaan Aset

#### 4.4. Permodelan Sistem

Setelah didapatkan hubungan antar variabel yang signifikan dalam sistem untuk membentuk model konseptual, selanjutnya dengan menggunakan Vensana Simulation dibuatlah model dasar dalam bentuk *Stock-Flow Diagram* (SFD). Dalam *Stock-Flow Diagram* (SFD) ini terdapat variabel-variabel sekunder yang merupakan bagian dan perluasan dari variabel primer. Model dasar dalam bentuk *Stock-Flow Diagram* (SFD) disesuaikan dengan rumusan yang diperoleh dari pengolahan data yang telah diperoleh sebelumnya. Berikut ini adalah penjelasan untuk variabel yang digunakan dalam pemodelan sistem:

**Tabel 4.1 Variabel dan Penjelasan Variabel**

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
1.	External Factor	Faktor yang berasal dari luar Gardu Induk yang memberikan pengaruh terhadap kondisi aset Gardu Induk jaringan distribusi.
2.	Geographic	Faktor letak geografis dari gardu induk APD Jawa Timur yang berlokasi di Surabaya yang dapat mempercepat korosi komponen logam (Jennifer J Crisp, 2003).
3.	Temperature	Faktor pengaruh suhu panas kota Surabaya sebagai lokasi gardu induk APD Jawa Timur (Jennifer J Crisp, 2003).
4.	Quality	Spesifikasi dan kualitas aset yang terdapat di gardu induk APD Jawa Timur yang memiliki

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
		pengaruh terhadap tingkat kegagalan aset (Jennifer J Crisp, 2003).
5.	Humidity	Faktor iklim tropis yang dimiliki kota Surabaya menyebabkan kadar kelembapan menjadi tinggi dan juga memberikan pengaruh terhadap tingkat kegagalan aset (Jennifer J Crisp, 2003).
6.	Overload	Faktor kelebihan muatan dapat menyebabkan potensi kegagalan (Anita Oommen, 2005).
7.	Average Standard Lifetime	Standar umur aset yang digunakan perusahaan berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
8.	Accelerate Lifetime	Percepatan standar umur aset yang digunakan oleh perusahaan berdasarkan kondisi saat ini.
9.	Acceleration Factor	Nilai yang diperoleh dari pembagian antara <i>Average Standard Lifetime</i> dan <i>Accelerate Lifetime</i> .
10.	Condition effect	Efek yang memberikan pengaruh terhadap kondisi aset. Faktor ini dipengaruhi oleh <i>Externcl Factor</i> dan <i>Accelerate Factor</i> .
11.	Usable lifetime PO	Umur penggunaan aset Penyulang Operasi
12.	Design lifetime PO	Umur aset Penyulang Operasi berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
13.	PO Condition	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime PO</i> dan <i>Design lifetime PO</i> .
14.	Maintenance PO	Rate pemeliharaan Penyulang Operasi.
15.	Detoriate PO	Rate Penyulang Operasi dalam keadaan buruk.
16.	Rate PO	Perubahan tiap step pada kondisi Penyulang Operasi
17.	Usable lifetime Inc	Umur penggunaan aset <i>Inc</i>
18.	Design lifetime Inc	Umur aset <i>Inc</i> berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
19.	Inc Condition	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime Inc</i> dan <i>Design lifetime Inc</i> .
20.	Maintenance Inc	Rate pemeliharaan <i>Inc</i> .
21.	Detoriate Inc	Rate <i>Inc</i> dalam keadaan buruk.
22.	Rate Inc	Perubahan tiap step pada kondisi <i>Inc</i> .
23.	Usable lifetime Spare	Umur penggunaan aset <i>Spare</i> .
24.	Design lifetime Spare	Umur aset <i>Spare</i> berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
25.	Spare Condition	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime Spare</i> dan <i>Design lifetime Spare</i> .
26.	Maintenance Spare	Rate pemeliharaan <i>Spare</i> .
27.	Detoriate Spare	Rate <i>Spare</i> dalam keadaan buruk.

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
28.	Rate Spare	Perubahan tiap step pada kondisi <i>Spare</i>
29.	Usable lifetime PS	Umur penggunaan aset Trafo PS
30.	Design lifetime PS	Umur aset Trafo PS berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
31.	PS Condition	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime PS</i> dan <i>Design lifetime PS</i> .
32.	Maintenance PS	Rate pemeliharaan Trafo PS.
33.	Detoriate PS	Rate Trafo PS dalam keadaan buruk.
34.	Rate PS	Perubahan tiap step pada kondisi Trafo PS.
35.	Usable lifetime PT/LA	Umur penggunaan aset <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> .
36.	Design lifetime PT/LA	Umur aset <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
37.	Spare PT/LA	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime PT/LA</i> dan <i>Design lifetime PT/LA</i> .
38.	Maintenance PT/LA	Rate pemeliharaan <i>Potential Transformer/ Light Arrester</i> .
39.	Detoriate PT/LA	Rate <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> dalam keadaan buruk.
40.	Rate PT/LA	Perubahan tiap step pada kondisi <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> .

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
41.	Usable lifetime Kopel	Umur penggunaan aset Kopel.
42.	Design lifetime Kopel	Umur aset Kopel berdasarkan ketentuan pabrik pembuatnya.
43.	PO Condition	Persentase kondisi Penyulang Operasi berdasarkan formulasi <i>Usable lifetime</i> Kopel dan <i>Design lifetime</i> Kopel.
44.	Maintenance Kopel	Rate pemeliharaan Kopel.
45.	Detoriate Kopel	Rate Kopel dalam keadaan buruk.
46.	Rate Kopel	Perubahan tiap step pada kondisi Kopel.
47.	Year 86-95	Tahun Pemasangan Penyulang Operasi.
48.	Year 96-05	Tahun Pemasangan Penyulang Operasi.
49.	Year 16-15	Tahun Pemasangan Penyulang Operasi.
50.	Year Inc 86-95	Tahun Pemasangan <i>Inc.</i>
51.	Year Inc 96-05	Tahun Pemasangan <i>Inc.</i>
52.	Year Inc 06-15	Tahun Pemasangan <i>Inc.</i>
53.	Year Spare 86-95	Tahun Pemasangan <i>Spare.</i>
54.	Year Spare 96-05	Tahun Pemasangan <i>Spare.</i>
55.	Year Spare 06-15	Tahun Pemasangan <i>Spare.</i>
56.	Year PS 86-95	Tahun Pemasangan Trafo PS.
57.	Year PS 96-05	Tahun Pemasangan Trafo PS.
58.	Year PS 06-15	Tahun Pemasangan Trafo PS.
59.	Year PT/LA 86-95	Tahun Pemasangan <i>Potential Transformer/Light Arrester.</i>
60.	Year PT/LA 96-05	Tahun Pemasangan <i>Potential Transformer/Light Arrester.</i>



No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
61.	Year PT/LA 06-15	Tahun Pemasangan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> .
62.	Year Kopel 86-95	Tahun Pemasangan Kopel.
63.	Year Kopel 96-05	Tahun Pemasangan Kopel.
64.	Year Kopel 06-15	Tahun Pemasangan Kopel.
65.	Average PO Condition	Rata-rata kondisi aset Penyulang Operasi berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
66.	Average Inc Condition	Rata-rata kondisi Inc berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
67.	Average Spare Condition	Rata-rata kondisi aset <i>Spare</i> berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
68.	Average PS Condition	Rata-rata kondisi aset Trafo PS berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
69.	Average PT/LA Condition	Rata-rata kondisi aset <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
70.	Average Kopel Condition	Rata-rata kondisi aset Kopel berdasarkan tahun pemasangan dan jumlah total aset disetiap tahun pemasangan.
71.	Total PO 86-95	Jumlah Penyulang Operasi pada tahun 1986-1995

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
72.	Total PO 96-05	Jumlah Penyulang Operasi pada tahun 1996-2005
73.	Total PO 06-15	Jumlah Penyulang Operasi pada tahun 2006-2015
74.	Total Inc 86-95	Jumlah <i>Inc</i> pada tahun 1986-1995
75.	Total Inc 96-05	Jumlah <i>Inc</i> pada tahun 1996-2005
76.	Total Inc 06-15	Jumlah <i>Inc</i> pada tahun 2006-2015
77.	Total Spare 86-95	Jumlah <i>Spare</i> pada tahun 1986-1995
78.	Total Spare 96-05	Jumlah <i>Spare</i> pada tahun 1996-2005
79.	Total Spare 06-15	Jumlah <i>Spare</i> pada tahun 2006-2015
80.	Total PS 86-95	Jumlah Trafo PS pada tahun 1986-1995
81.	Total PS 96-05	Jumlah Trafo PS pada tahun 1996-2005
82.	Total PS 06-15	Jumlah Trafo PS pada tahun 2006-2015
83.	Total PT/LA 86-95	Jumlah <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> pada tahun 1986-1995
84.	Total PT/LA 96-05	Jumlah <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> pada tahun 1996-2005
85.	Total PT/LA 06-15	Jumlah <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> pada tahun 2006-2015
86.	Total Kopel 86-95	Jumlah Kopel pada tahun 1986-1995
87.	Total Kopel 96-05	Jumlah Kopel pada tahun 1996-2005

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
88.	Total Kopel 06-15	Jumlah Kopel pada tahun 2006-2015
89.	Average Asset Condition	Rata-rata kondisi aset gardu induk yang diperoleh dari kondisi aset PO, <i>Inc</i> , <i>Spare</i> , PS, PT/LA, dan Kopel.
90.	Asset Maintenance	Nilai pemeliharaan aset yang diperoleh dari <i>Average Asset Condition</i> .
91.	Shutdown Measurement	Biaya pemeliharaan untuk jenis pemeliharaan aset <i>Shutdown Measurement</i> .
92.	In Service Inspection	Biaya pemeliharaan untuk jenis pemeliharaan aset <i>In Service Inspection</i> .
93.	In Service Measurement	Biaya pemeliharaan untuk jenis pemeliharaan aset <i>In Service Measurement</i> .
94.	Vehicle Cost	Biaya sewa kendaraan sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi biaya <i>In Service Measurement</i>
95.	Labor Cost	Biaya pekerja pemeliharaan aset sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi biaya <i>In Service Measurement</i> .
96.	Workers Number	Jumlah pekerja pemeliharaan aset yang mempengaruhi <i>Labor Cost</i> .
97.	Workers Cost	Biaya satuan pekerja pemeliharaan aset yang mempengaruhi biaya <i>Labor Cost</i> .

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
98.	Tools Cost	Biaya alat pemeliharaan aset sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi biaya <i>In Service Measurement</i> .
99.	Single Tool Cost	Biaya satuan alat pemeliharaan aset yang mempengaruhi <i>Labor Cost</i> .
100.	PD	Jumlah alat PD yang dimiliki Gardu Induk.
101.	Thermo	Jumlah alat <i>Thermovision</i> yang dimiliki Gardu Induk.
102.	Jasbor Number	Jumlah pekerja jasa borongan yang mempengaruhi biaya <i>In Service Inspection</i> .
103.	Jasbor Salary	Jumlah gaji pekerja jasa borongan yang mempengaruhi biaya <i>In Service Inspection</i> .
104.	Total Jasbor Cost	Total biaya jasa borongan pemeliharaan aset jenis <i>Shutdown Measurement</i> .
105.	Total Material Cost	Total biaya material pemeliharaan aset jenis <i>Shutdown Measurement</i> .
106.	Kopel J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset Kopel.
107.	Kopel J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset Kopel.
108.	PT/LA J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset PT/LA.
109.	PT/LA J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset PT/LA.

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
110.	PS J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset PS.
111.	PS J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset PS.
112.	Spare J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset <i>Spare</i> .
113.	Spare J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset <i>Spare</i> .
114.	Inc J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset <i>Inc</i> .
115.	Inc J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset <i>Inc</i> .
116.	PO J Unit Price	Biaya satuan jasa borongan pemeliharaan aset PO.
117.	PO J Number	Jumlah jasa borongan pemeliharaan aset PO.
118.	Kopel M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset Kopel.
119.	Kopel M Number	Jumlah material pemeliharaan aset Kopel.
120.	PT/LA M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset PT/LA.
121.	PT/LA M Number	Jumlah material pemeliharaan aset PT/LA.
122.	PS M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset PS.
123.	PS M Number	Jumlah material pemeliharaan aset PS.
124.	Spare M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset <i>Spare</i> .
125.	Spare M Number	Jumlah material pemeliharaan aset <i>Spare</i> .

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
126.	Inc M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset <i>Inc.</i>
127.	Inc M Number	Jumlah material pemeliharaan aset <i>Inc.</i>
128.	PO M Unit Price	Biaya satuan material pemeliharaan aset PO.
129.	PO M Number	Jumlah material pemeliharaan aset PO.
130.	Average in Shutdown Measurement Frequency	Waktu yang dibutuhkan untuk proses pemeliharaan <i>Shutdown Measurement</i> yang biasa digunakan.
131.	Average in In Service Inspection Frequency	Waktu yang dibutuhkan untuk proses pemeliharaan <i>In Service Inspection</i> yang biasa digunakan.
132.	Average in In Service Measurement Frequency	Waktu yang dibutuhkan untuk proses pemeliharaan <i>In Service Measurement</i> yang biasa digunakan.
133.	Asset Operation	Nilai penggunaan aset yang diperoleh dari <i>Average Asset Condition</i> .
134.	Actual PO Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Penyulang Operasi yang distandarkan oleh perusahaan.
135.	Average PO Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Penyulang Operasi dari waktu ke waktu oleh perusahaan.

No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
136.	PO Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan Penyulang Operasi.
137.	Rate of PO Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan Penyulang Operasi berdasarkan <i>Actual PO Operation</i> .
138.	Rate of PO Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan Penyulang Operasi berdasarkan <i>Average PO Operation</i> dan <i>Resources</i> .
139.	Actual Inc Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Inc</i> yang distandarkan oleh perusahaan.
140.	Average Inc Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Inc</i> dari waktu ke waktu oleh perusahaan.
141.	Inc Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan <i>Inc</i> .
142.	Rate of Inc Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan <i>Inc</i> berdasarkan <i>Actual Inc Operation</i> .
143.	Rate of Inc Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan <i>Inc</i> berdasarkan <i>Average Inc Operation</i> dan <i>Resources</i> .
144.	Actual Spare Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Spare</i> yang distandarkan oleh perusahaan.
145.	Average Spare Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Spare</i> dari waktu ke waktu oleh perusahaan.
146.	Spare Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan <i>Spare</i> .

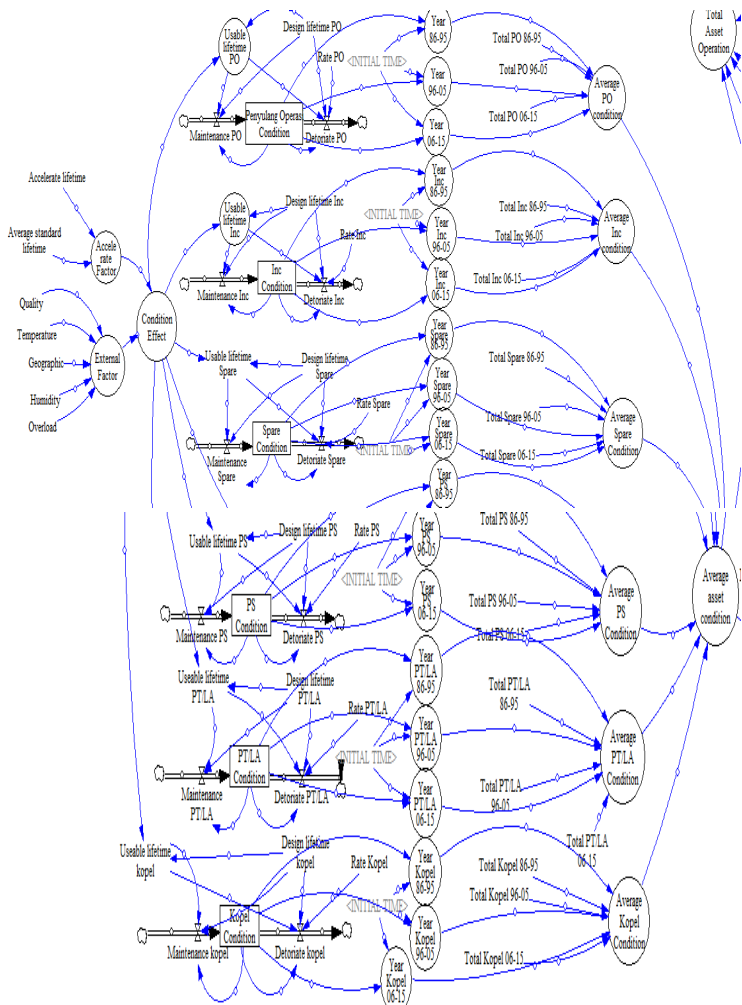
No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
147.	Rate of Spare Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan <i>Spare</i> berdasarkan <i>Actual Spare Operation</i> .
148.	Rate of Spare Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan <i>Spare</i> berdasarkan <i>Average Spare Operation</i> dan <i>Resources</i> .
149.	Actual PS Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Trafo PS yang distandarkan oleh perusahaan.
150.	Average PS Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Trafo PS dari waktu ke waktu oleh perusahaan.
151.	PS Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan Trafo PS.
152.	Rate of PS Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan Trafo PS berdasarkan <i>Actual PS Operation</i> .
153.	Rate of PS Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan Trafo PS berdasarkan <i>Average PS Operation</i> dan <i>Resources</i> .
154.	Actual PT/LA Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> yang distandarkan oleh perusahaan.
155.	Average PT/LA Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> dari waktu ke waktu oleh perusahaan.
156.	PT/LA Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> .



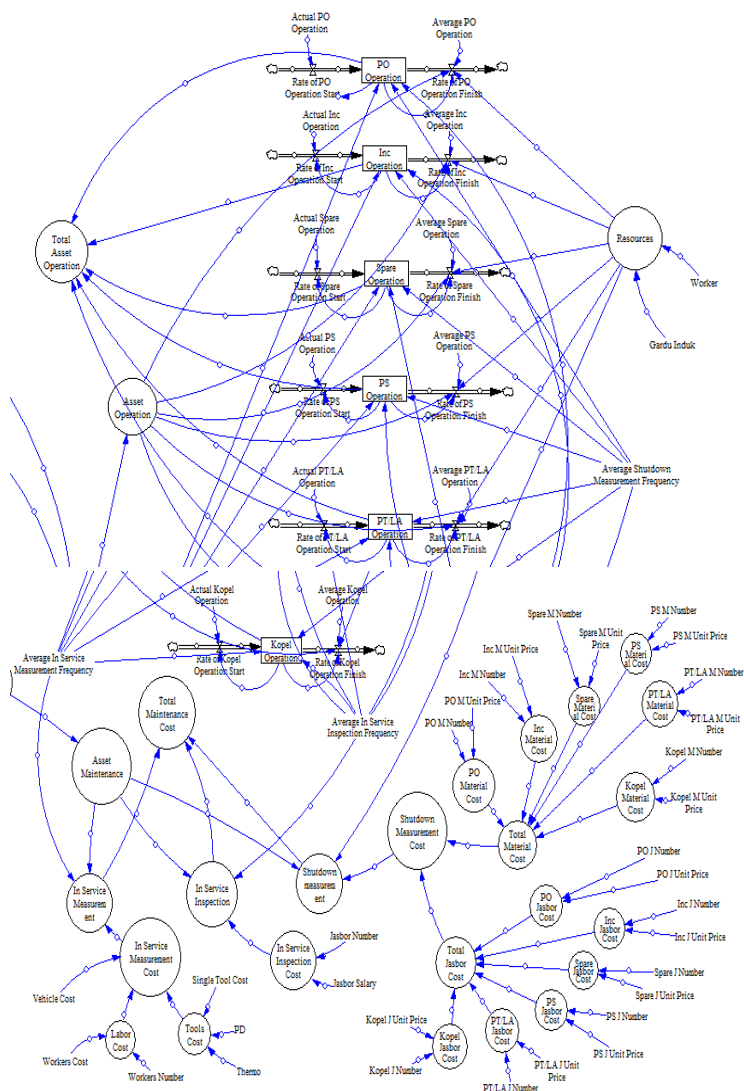
No	Nama Variabel	Penjelasan Variabel
157.	Rate of PT/LA Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> berdasarkan <i>Actual PT/LA Operation</i> .
158.	Rate of PT/LA Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan <i>Potential Transformer/Light Arrester</i> berdasarkan <i>Average PT/LA Operation</i> dan <i>Resources</i> .
159.	Actual Kopel Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Kopel yang distandarkan oleh perusahaan.
160.	Average Kopel Operation	Waktu yang dibutuhkan untuk proses penggunaan Kopel dari waktu ke waktu oleh perusahaan.
161.	Kopel Operation	Jumlah durasi yang dibutuhkan dalam penggunaan Kopel.
162.	Rate of Kopel Operation Start	Nilai rate untuk penggunaan Kopel berdasarkan <i>Actual PO Operation</i> .
163.	Rate of Kopel Operation Finish	Nilai rate untuk penggunaan Kopel berdasarkan <i>Average PO Operation</i> dan <i>Resources</i> .
164.	Resources	Nilai sumber daya yang diperoleh dari <i>Worker</i> dan Gardu Induk.
165.	Worker	Jumlah pekerja yang melakukan operasi aset.
166.	Gardu Induk	Jumlah Gardu Induk yang asetnya dioperasikan.

Berdasarkan variabel-variabel tersebut yang didapatkan dari pengembangan *Causal Loop Diagram* (CLD), selanjutnya dibuatlah *Stock-flow Diagram* (SFD) sebagai base model akhir

yang senagai representasi sistem nyata di perusahaan. Berikut ini merupakan bentuk keseluruhan dari *Stock-flow Diagram* (SFD) untuk proses pemeliharaan dan penggunaan aset di PT.PLN (Persero) APD Jawa Timur:



**Gambar 4.2 Stock and Flow Diagram Pemeliharaan dan Penggunaan Aset**



Gambar 4.2 tersebut adalah *base model* yang merepresentasikan proses pemeliharaan dan penggunaan aset yang dilakukan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur saat ini. Aset-aset yang digunakan yakni Penyulang Operasi, *Inc*, *Spare*, Trafo PS, PT/LA, dan Kopel merupakan aset yang nilai rata-rata kondisinya memberikan pengaruh terhadap pemeliharaan dan penggunaan aset. Penjelasan formulasi bagi masing-masing variabel adalah sebagai berikut:

#### 4.4.1. Sub-model *Condition Effect*

Sub-Model *Condition Effect* merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel *External Factor* dan *Accelerate Factor* dan juga mempengaruhi kondisi aset perusahaan. Berikut ini adalah penjelasan dari variabel *External Factor* [35]:

- *Quality* merupakan kualitas dari aset yang dimiliki perusahaan dengan pengaruh sebesar 10%.
- *Temperature* merupakan suhu di lokasi keberadaan aset dengan pengaruh sebesar 25%.
- *Geographic* merupakan lokasi keberadaan aset dengan pengaruh sebesar 15%.
- *Humidity* merupakan kadar kelembapan akibat iklim tropis di lokasi keberadaan aset dengan pengaruh sebesar 40%.
- *Overload* merupakan kelebihan muatan produksi aset dengan pengaruh sebesar 10%.

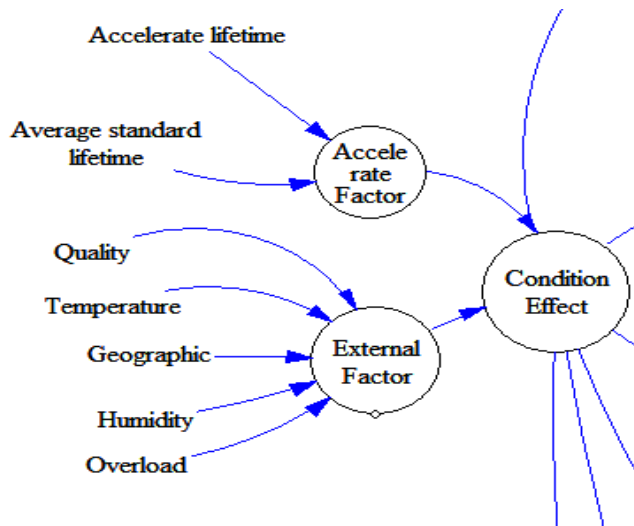
Selanjutnya berikut ini adalah penjelasan dari variabel *Accelerate Lifetime*:

- *Accelerate lifetime* merupakan umur aset pada saat aset tersebut memiliki kondisi dibawah 50%. Rata-rata aset

memiliki kondisi dibawah 50% ketika telah umur 17,5 tahun.

- *Average standard lifetime* merupakan standar rata-rata umur aset yakni berusia 25,88 tahun.

Berikut ini adalah variabel sub-model *Condition Effect*:



Gambar 4.3 Sub-model *Condition Effect*

Tabel 4.2 Sub-model *Condition Effect*

Variabel	Persamaan
Quality	0.1
Temperature	0.25
Geographic	0.15
Humidity	0.4
Overload	0.1
External Factor	Quality+Temperature+Geographic+Humidity+Overload

Variabel	Persamaan
Accelerate lifetime	17.5
Average Standard lifetime	25.88
Acceleration factor	Average standart life time/Accelerate lifetime
Condition effect	External Factor/Acceleration factor

#### 4.4.2. Sub-model *Average Asset Condition*

Sub-model *Average Asset Condition* merupakan variabel terkait kondisi aset yang terdapat di Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jatim. Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jatim memiliki enam jenis aset yakni Penyulang Operasi, *Inc*, *Spare*, *Trafo PS*, *Potential Transformer/Light Arrester*, dan *Kopel*. Masing-masing aset tersebut dipengaruhi oleh variabel *Usable lifetime* dan *Design lifetime*. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel tersebut:

**Tabel 4.3 Usia Aset**

Jenis Aset	Usable lifetime	Design lifetime
Penyulang Operasi	22 Tahun	25 Tahun
Inc	18 Tahun	20 Tahun
Spare	18 Tahun	20 Tahun
Trafo PS	18 Tahun	20 Tahun
Potential Transformer/Light Arrester	22 Tahun	25 Tahun
Kopel	18 Tahun	20 Tahun

Selanjutnya dilakukan pengelompokan jenis aset Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jatim berdasarkan tahun pemasangannya. Dengan penjelasan sebagai berikut:

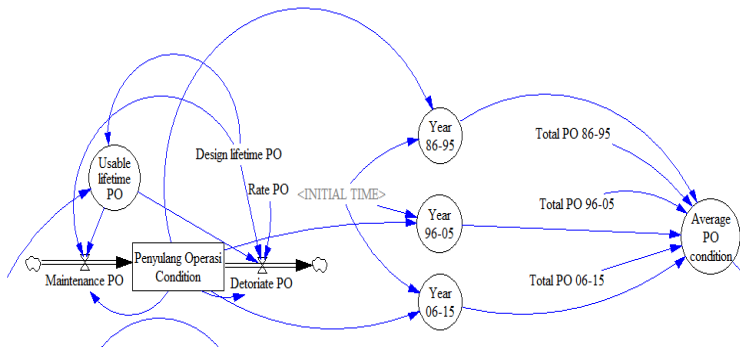
**Tabel 4.4 Tahun Pemasangan Aset**

Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
Penyulang Operasi	Year 1986-1995	54 aset.
	Year 1996-2005	25 aset.
	Year 2006-2015	9 aset.
Inc	Year 1986-1995	8 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.
Spare	Year 1986-1995	18 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	10 aset.
Trafo PS	Year 1986-1995	6 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.
Potential Transformer/ Light Arrester	Year 1986-1995	9 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.
Kopel	Year 1986-1995	15 aset.
	Year 1996-2005	1 aset.
	Year 2006-2015	5 aset.

Dari sub-model ini akan diketahui tingkat penurunan kondisi aset dari tahun ke tahun untuk masing-masing jenis aset dan tahun pemasangannya. Sub-model *Average Asset Condition* terbagi atas enam kondisi yaitu *PO Condition*, *Inc Condition*, *Spare Condition*, *PS Condition*, *PT/LA Condition*, dan *Kopel*



*Condition*. Bentuk sub-model dan penjelasannya adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.4 Sub-model *PO Condition***

Sub-model *PO Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset Penyulang Operasi saat ini:

#### 1. *PO Condition*

Variabel *PO Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset Penyulang Operasi dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Design lifetime PO*
- ✓ *Usable lifetime PO*
- ✓ *Maintenance PO*
- ✓ *Detoriate PO*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.5 Persamaan Sub-model *PO Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime PO	25

Variabel	Persamaan
Usable Lifetime PO	Design lifetime PO*Condition Effect
Maintenance PO	SMOOTH(Penyulang Operasi Condition*(Usable lifetime PO/Design lifetime PO),10,100)
Detoriate PO	SMOOTH(Penyulang Operasi Condition*(Usable lifetime PO/Design lifetime PO)*Rate PO,10,100)
Current Transformer	Maintenance PO-Detoriate PO
	Initial value = 100

## 2. *Average PO Condition*

Variabel *Average PO Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Penyulang Operasi berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

**Tabel 4.6 Tahun Pemasangan Aset Penyulang Operasi**

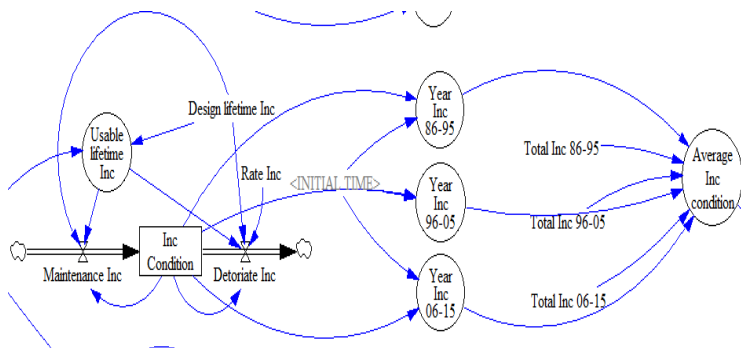
Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
Penyulang Operasi	Year 1986-1995	54 aset.
	Year 1996-2005	25 aset.
	Year 2006-2015	9 aset.

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.7 Persamaan Sub-model *Average PO Condition***

Variabel	Persamaan
Year 86-95	DELAY INFORMATION (Penyulang Operasi Condition,1987-INITIAL TIME,0)

Variabel	Persamaan
Year 96-05	DELAY INFORMATION (Penyulang Operasi Condition,1997-INITIAL TIME,0)
Year 06-15	DELAY INFORMATION (Penyulang Operasi Condition,2007-INITIAL TIME,0)
Total PO 86-95	54
Total PO 96-05	25
Total PO 06-15	9
Average PO Condition	$\frac{("Year\ 86-95" * "Total\ PO\ 86-95") + ("Year\ 96-05" * "Total\ PO\ 96-05") + ("Year\ 06-15" * "Total\ PO\ 06-15"))}{("Total\ PO\ 86-95" + IF\ THEN\ ELSE("Year\ 96-05" = 0, 0, "Total\ PO\ 96-05") + IF\ THEN\ ELSE("Year\ 06-15" = 0, 0, "Total\ PO\ 06-15"))}$
INITIAL TIME	1986



**Gambar 4.5 Sub-model *Inc Condition***

Sub-model *Inc Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset *Inc* saat ini:

### 3. *Inc Condition*

Variabel *Inc Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset *Inc* dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Disable lifetime Inc*
- ✓ *Usable lifetime Inc*
- ✓ *Rate PO*
- ✓ *Maintenance Inc*
- ✓ *Detoriate Inc*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.8 Persamaan Sub-model *Inc Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime Inc	20
Usable Lifetime Inc	Design lifetime Inc*Condition Effect
Maintenance Inc	SMOOTH(Inc Condition*(Usable lifetime Inc/Design lifetime Inc), 10, 100)
Detoriate Inc	SMOOTH(Inc Condition*(Usable lifetime Inc/Design lifetime Inc)*Rate Inc,10,100)
Rate Inc	1.1
Inc Condition	Maintenance Inc-Detoriate Inc
	Initial Value = 100

### 4. *Average Inc Condition*

Variabel *Average Inc Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Inc* berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

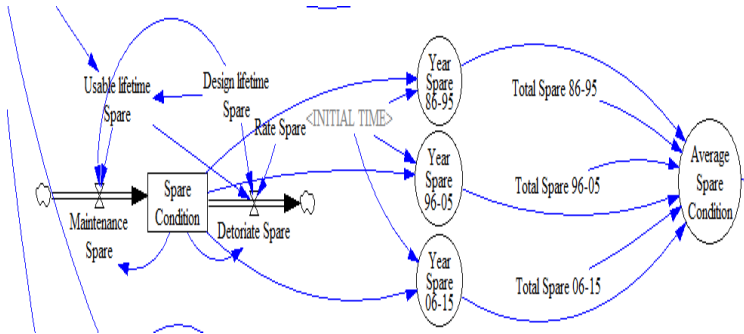
**Tabel 4.9 Tahun Pemasangan Aset Inc**

Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
Inc	Year 1986-1995	8 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.10 Persamaan Sub-model *Average Inc Condition***

Variabel	Persamaan
Year 86-95	DELAY INFORMATION (Inc Condition,1987-INITIAL TIME,0)
Year 96-05	DELAY INFORMATION (Inc Condition,1997-INITIAL TIME,0)
Year 06-15	DELAY INFORMATION (Spare Condition,2007-INITIAL TIME,0)
Total Inc 86-95	8
Total Inc 96-05	2
Total Inc 06-15	2
Average Inc Condition	$\frac{(("Year\ Inc\ 86-95" * "Total\ Inc\ 86-95") + ("Year\ Inc\ 96-05" * "Total\ Inc\ 96-05") + ("Year\ Inc\ 06-15" * "Total\ Inc\ 06-15"))}{("Total\ Inc\ 86-95" + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Inc\ 96-05" = 0, 0, "Total\ Inc\ 96-05") + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Inc\ 06-15" = 0, 0, "Total\ Inc\ 06-15"))}$
INITIAL TIME	1986



**Gambar 4.6 Sub-model *Spare Condition***

Sub-model *Spare Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset *Spare* saat ini:

### 5. *Spare Condition*

Variabel *Spare Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset *Spare* dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Disable lifetime Spare*
- ✓ *Usable lifetime Spare*
- ✓ *Rate Spare*
- ✓ *Maintenance Spare*
- ✓ *Detoriate Spare*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.11 Persamaan Sub-model *Spare Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime Spare	20
Usable Lifetime Spare	Design lifetime Spare*Condition Effect

Variabel	Persamaan
Maintenance Spare	$SMOOTH(Spare \text{ Condition} * (Usable \text{ lifetime Spare} / Design \text{ lifetime Spare}), 10, 100)$
Detoriate Spare	$SMOOTH(Spare \text{ Condition} * (Usable \text{ lifetime Spare} / Design \text{ lifetime Spare}) * Rate \text{ Spare}, 10, 100)$
Rate Spare	1.12
Spare Condition	Maintenance Spare-Detoriate Spare
	Initial Value = 100

#### 6. *Average Spare Condition*

Variabel *Average Spare Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Spare* berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

**Tabel 4.12 Tahun Pemasangan Aset *Spare***

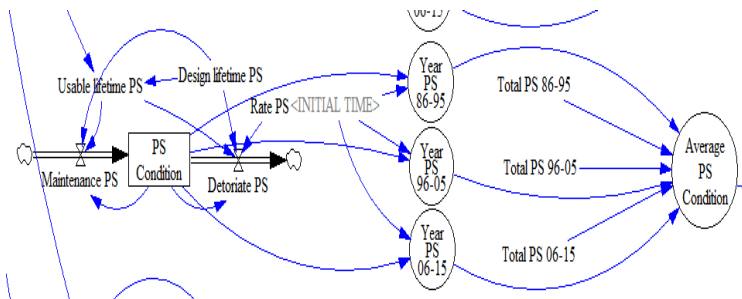
Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
Spare	Year 1986-1995	18 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	10 aset.

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.13 Persamaan Sub-model *Average Spare Condition***

Variabel	Persamaan
Year 86-95	$DELAY \text{ INFORMATION } (Spare \text{ Condition}, 1987-INITIAL \text{ TIME}, 0)$
Year 96-05	$DELAY \text{ INFORMATION } (Spare \text{ Condition}, 1997-INITIAL \text{ TIME}, 0)$
Year 06-15	$DELAY \text{ INFORMATION } (Spare \text{ Condition}, 2007-INITIAL \text{ TIME}, 0)$
Total Spare 86-95	18
Total Spare 96-05	2

Total Spare 06-15	10
Average Spare Condition	$\frac{(("Year\ Spare\ 86-95" * "Total\ Spare\ 86-95") + ("Year\ Spare\ 96-05" * "Total\ Spare\ 96-05") + ("Year\ Spare\ 06-15" * "Total\ Spare\ 06-15"))}{("Total\ Spare\ 86-95" + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Spare\ 96-05" = 0, 0, "Total\ Spare\ 96-05") + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Spare\ 06-15" = 0, 0, "Total\ Spare\ 06-15"))}$
INITIAL TIME	1986



**Gambar 4.7 Sub-model *PS Condition***

Sub-model *PS Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset Trafo PS saat ini:

### 7. *PS Condition*

Variabel *PS Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset Trafo PS dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Disable lifetime PS*
- ✓ *Usable lifetime PS*
- ✓ *Rate PS*
- ✓ *Maintenance PS*



✓ *Detoriate PS*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.14 Persamaan Sub-model *PS Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime PS	20
Usable Lifetime PS	Design lifetime PS*Condition Effect
Maintenance PS	$\text{SMOOTH}(\text{PS Condition} * (\text{Usable lifetime PS} / \text{Design lifetime PS}), 10, 100)$
Detoriate PS	$\text{SMOOTH}(\text{PS Condition} * (\text{Usable lifetime PS} / \text{Design lifetime PS}) * \text{Rate PS}, 10, 100)$
Rate PS	1.1
PS Condition	Maintenance PS-Detoriate PS
	Initial Value = 100

8. *Average PS Condition*

Variabel *Average PS Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Trafo PS berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

**Tabel 4.15 Tahun Pemasangan Aset Trafo PS**

Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
PS	Year 1986-1995	6 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:



Sub-model *PT/LA Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* saat ini:

#### 9. *PT/LA Condition*

Variabel *PT/LA Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Disable lifetime PT/LA*
- ✓ *Usable lifetime PT/LA*
- ✓ *Rate PT/LA*
- ✓ *Maintenance PT/LA*
- ✓ *Detoriate PT/LA*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.17 Persamaan Sub-model *PT/LA Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime PT/LA	25
Usable Lifetime PT/LA	"Design lifetime PT/LA"*Condition Effect
Maintenance PT/LA	SMOOTH("PT/LA Condition"*( "Useable lifetime PT/LA"/ "Design lifetime PT/LA"),10,100)
Detoriate PT/LA	SMOOTH("PT/LA Condition"*( "Useable lifetime PT/LA"/ "Design lifetime PT/LA")* "Rate PT/LA",10,100)
Rate PT/LA	1.1
PT/LA Condition	"Maintenance PT/LA"-"Detoriate PT/LA"
	Initial Value = 100

### 10. *Average PT/LA Condition*

Variabel *Average PT/LA Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

**Tabel 4.18 Tahun Pemasangan Aset PT/LA**

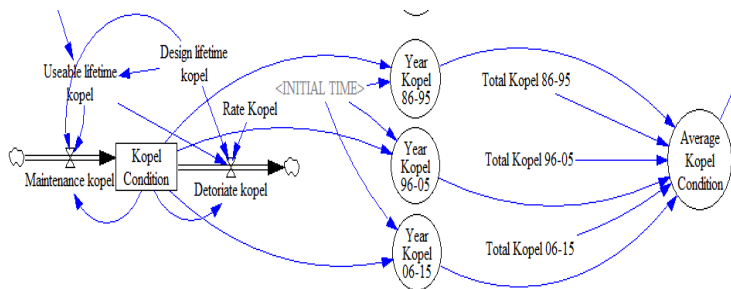
Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
PT/LA	Year 1986-1995	9 aset.
	Year 1996-2005	2 aset.
	Year 2006-2015	2 aset.

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.19 Persamaan Sub-model *Average PT/LA Condition***

Variabel	Persamaan
Year 86-95	DELAY INFORMATION ("PT/LA Condition",1987-INITIAL TIME,0)
Year 96-05	DELAY INFORMATION ("PT/LA Condition",1997-INITIAL TIME,0)
Year 06-15	DELAY INFORMATION ("PT/LA Condition",2007-INITIAL TIME,0)
Total PT/LA 86-95	9
Total PT/LA 96-05	2
Total PT/LA 06-15	2
Average PT/LA Condition	((("Year PT/LA 86-95"*"Total PT/LA 86-95")+("Year PT/LA 96-05"*"Total PT/LA 96-05")+("Year PT/LA 06-15"+"Total PT/LA 06-15")) / ("Total PT/LA 86-95"+IF THEN ELSE("Year PT/LA 96-05"=0,0,"Total PT/LA 96-05")+IF THEN ELSE("Year

Variabel	Persamaan
	$PT/LA_{06-15} = 0,0, "Total PT/LA_{06-15}"))$
INITIAL TIME	1986



**Gambar 4.9 Sub-model *Kopel Condition***

Sub-model *Kopel Condition* digunakan untuk mendapatkan kondisi aset Kopel saat ini:

### 11. *Kopel Condition*

Variabel *Kopel Condition* merupakan variabel persentase kondisi aset Kopel dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Disable lifetime Kopel*
- ✓ *Usable lifetime Kopel*
- ✓ *Rate Kopel*
- ✓ *Maintenance Kopel*
- ✓ *Detoriate Kopel*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.20 Persamaan Sub-model *Kopel Condition***

Variabel	Persamaan
Design lifetime Kopel	20
Usable Lifetime Kopel	Design lifetime kopel*Condition Effect
Maintenance Kopel	SMOOTH(Kopel Condition*(Useable lifetime kopel/Design lifetime kopel),10,100)
Detoriate Kopel	SMOOTH(Kopel Condition*(Useable lifetime kopel/Design lifetime kopel)*Rate Kopel,10,100)
Rate Kopel	1.1
Kopel Condition	Maintenance kopel-Detoriate kopel
	Initial Value = 100

## 12. *Average Kopel Condition*

Variabel *Average Kopel Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Kopel berdasarkan tahun pemasangan dan total aset pada saat tahun pemasangan aset, yaitu:

**Tabel 4.21 Tahun Pemasangan Aset Kopel**

Jenis Aset	Tahun Pemasangan	Jumlah Aset
Kopel	Year 1986-1995	15 aset.
	Year 1996-2005	1 aset.
	Year 2006-2015	5 aset.

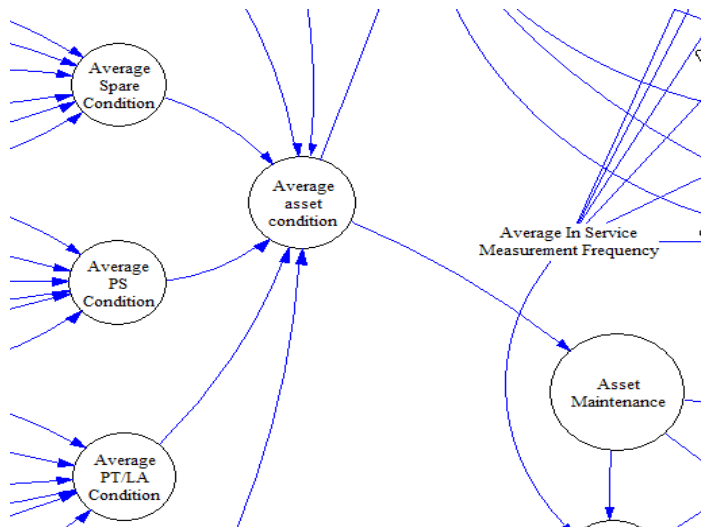
Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.22 Persamaan Sub-model *Average Kopel Condition***

Variabel	Persamaan
Year 86-95	DELAY INFORMATION (Kopel Condition,1987-INITIAL TIME,0)

Variabel	Persamaan
Year 96-05	DELAY INFORMATION (Kopel Condition,1997-INITIAL TIME,0)
Year 06-15	DELAY INFORMATION (Kopel Condition,2007-INITIAL TIME,0)
Total Kopel 86-95	15
Total Kopel 96-05	1
Total Kopel 06-15	5
Average Kopel Condition	$\frac{("Year\ Kopel\ 86-95" * "Total\ Kopel\ 86-95") + ("Year\ Kopel\ 96-05" * "Total\ Kopel\ 96-05") + ("Year\ Kopel\ 06-15" * "Total\ Kopel\ 06-15"))}{("Total\ Kopel\ 86-95" + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Kopel\ 96-05" = 0, 0, "Total\ Kopel\ 96-05") + IF\ THEN\ ELSE("Year\ Kopel\ 06-15" = 0, 0, "Total\ Kopel\ 06-15"))}$
INITIAL TIME	1986

### 13. Average Asset Condition



**Gambar 4.10 Sub-model Average Asset Condition**

*Average Asset Condition* sebagai variabel yang menyatakan nilai rata-rata dari persentase kondisi semua aset yang terdapat di Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Berikut ini adalah penjelasan persamaan untuk variabel *Average Asset Condition*:

**Tabel 4.23 Persamaan Sub-model Average Asset Condition**

Variabel	Persamaan
Average Asset Condition	$  \begin{aligned}  & (\text{Average PO condition} + \text{Average Inc} \\  & \text{condition} + \text{Average Spare} \\  & \text{Condition} + \text{Average PS} \\  & \text{Condition} + \text{Average PT/LA} \\  & \text{Condition} + \text{Average Kopel Condition}) / 6  \end{aligned}  $

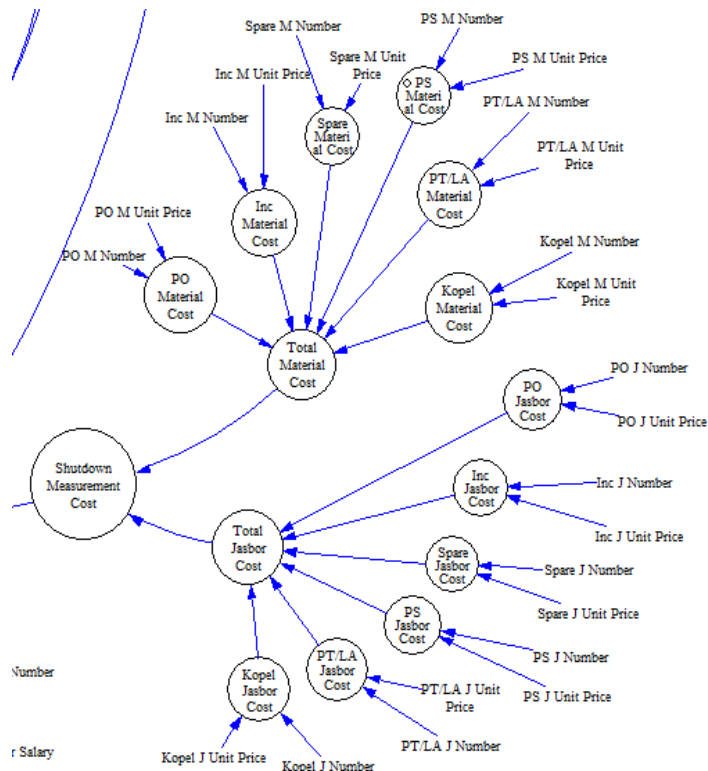


#### 4.4.3. Sub-model *Asset Maintenance*

Sub-model *Asset Maintenance* merupakan variabel terkait biaya pemeliharaan aset yang dilakukan di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Pemeliharaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur terbagi menjadi tiga jenis, yakni *Shutdown Maintenance*, *In Service Inspection*, dan *In Service Measurement*. Masing-masing jenis pemeliharaan aset tersebut dipengaruhi oleh komponen biaya yang berbeda antara satu jenis pemeliharaan aset dengan jenis yang lainnya. Berikut ini adalah penjelasan untuk jenis-jenis pemeliharaan aset tersebut:

**Tabel 4.24 Jenis Pemeliharaan Aset**

Jenis Pemeliharaan Aset	Komponen Biaya
Shutdown Measurement	Biaya Material
	Biaya Jasbor
In Service Inspection	Biaya Jasbor
In Service Measurement	Biaya Peralatan
	Biaya Pekerja
	Biaya Kendaraan



**Gambar 4.11 Sub-model *Shutdown Measurement***

Sub-model *Shutdown Measurement* digunakan untuk mendapatkan jumlah biaya pemeliharaan jenis *Shutdown Measurement*. Sub-model *Shutdown Measurement* dipengaruhi oleh variabel *Average in Shutdown Measurement Frequency* dengan penjelasan persamaan sebagai berikut:

**Tabel 4.25 Persamaan Sub-model *Shutdown Measurement***

Variabel	Persamaan
Shutdown Measurement	((Average Shutdown Measurement Frequency*Shutdown Measurement Cost)-Asset Maintenance)

Variabel	Persamaan
Shutdown Measurement Cost	Total Jasbor Cost+Total Material Cost
Average in Shutdown Measurement Frequency	RANDOM NORMAL(5.1, 6.99, 6.03, 0.85, 1)

### 1. *Total Material Cost*

Variabel *Total Material Cost* merupakan variabel jumlah biaya peralatan yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *Shutdown Measurement*. Variabel *Total Material Cost* dipengaruhi oleh variabel *M Number* yang menunjukkan jumlah peralatan dalam satuan *unit* dan *M Unit Price* yang menunjukkan harga satuan peralatan dalam satuan nominal rupiah. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel *M Number* dan *M Unit Price* tersebut:

**Tabel 4.26 Sub-model *Total Material Cost***

Variabel	Persamaan
PO Material Cost	PO M Number*PO M Unit Price
PO M Number	88
PO M Unit Price	449875
Inc Material Cost	Inc M Number*inc M Unit Price
Inc M Number	12
Inc M Unit Price	192000
Spare Material Cost	Spare M Number*SPare M Unit Price
Spare M Number	30
Spare M Unit Price	449825
PS Material Cost	PS M Number*PS M Unit Price
PS M Number	10
PS M Unit Price	432400
PT/LA Material Cost	PT/LA M Number*PT/LA M Unit Price

Variabel	Persamaan
PT/LA M Number	11
PT/LA M Unit Price	429300
Kopel Material Cost	Kopel M Number*Kopel M Unit Price
Kopel M Number	21
Kopel M Unit Price	446700

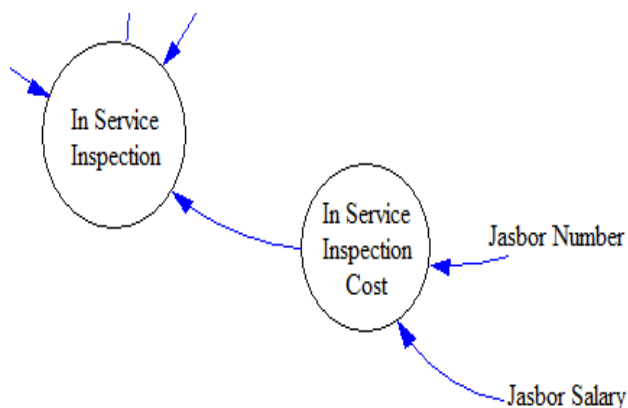
## 2. *Total Jasbor Cost*

Variabel *Total Jasbor Cost* merupakan variabel jumlah biaya pekerja yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *Shutdown Measurement*. Variabel *Total Jasbor Cost* dipengaruhi oleh variabel *J Number* yang menunjukkan jumlah pekerja dan *J Unit Price* yang menunjukkan harga satuan pekerja dalam satuan nominal rupiah. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel *J Number* dan *J Unit Price* tersebut:

**Tabel 4.27 Sub-model *Total Jasbor Cost***

Variabel	Persamaan
PO Jasbor Cost	PO J Unit Price*PO J Number
PO J Number	88
PO J Unit Price	649000
Inc Jasbor Cost	Inc J Unit Price*Inc J Number
Inc J Number	12
Inc J Unit Price	266000
Spare Jasbor Cost	Spare J Unit Price*Spare J Number
Spare J Number	30
Spare J Unit Price	650000
PS Jasbor Cost	PS J Unit Price*PS J Number
PS J Number	10
PS J Unit Price	650000

Variabel	Persamaan
PT/LA Jasbor Cost	$PT/LA \text{ J Unit Price} * PT/LA \text{ J Number}$
PT/LA J Number	11
PT/LA J Unit Price	540000
Kopel Jasbor Cost	$Kopel \text{ J Unit Price} * Kopel \text{ J Number}$
Kopel J Number	21
Kopel J Unit Price	650000



**Gambar 4.12 Sub-model *In Service Inspection***

Sub-model *In Service Inspection* digunakan untuk mendapatkan jumlah biaya pemeliharaan jenis *In Service Measurement*. Sub-model *In Service Inspection* dipengaruhi oleh variabel *Average in In Service Inspection Frequency* dengan penjelasan persamaan sebagai berikut:

**Tabel 4.28 Persamaan Sub-model *In Service Inspection***

Variabel	Persamaan
In Service Inspection	$((In \text{ Service Measurement Cost} * Average \text{ In Service$

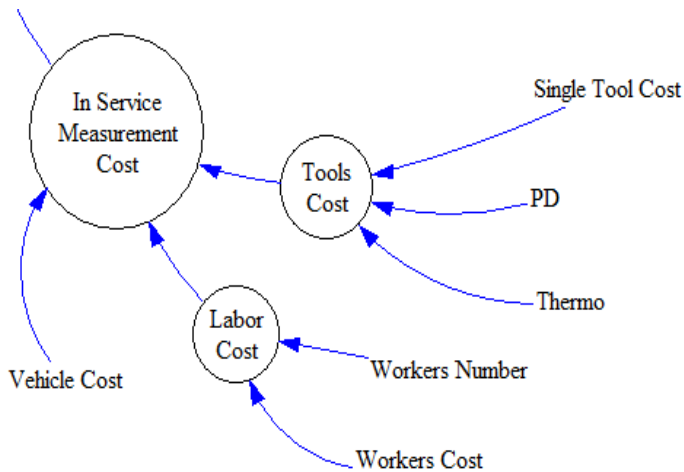
Variabel	Persamaan
	Measurement Frequency)-Asset Maintenance)
In Service Inspection Cost	Jasbor Number*Jasbor Salary
Average in In Service Inspection Frequency	RANDOM NORMAL(73.1, 77.9, 75.4, 1.63, 1)

### 3. *In Service Inspection Cost*

Variabel *In Service Inspection Cost* merupakan variabel jumlah yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *In Service Inspection*. Variabel *In Service Inspection* dipengaruhi oleh variabel *Jasbor Number* yang menunjukkan jumlah pekerja dan *Jasbor Salary* yang menunjukkan gaji satuan pekerja dalam satuan nominal rupiah. Berikut ini adalah penjelasan untuk variabel *Jasbor Number* dan *Jasbor Salary* tersebut:

**Tabel 4.29 Sub-model *In Service Inspection Cost***

Variabel	Persamaan
In Service Inspection Cost	Jasbor Number*Jasbor Salary
Jasbor Number	4
Jasbor Salary	5000000



**Gambar 4.13 Sub-model *In Service Measurement***

Sub-model *In Service Measurement* digunakan untuk mendapatkan jumlah biaya pemeliharaan jenis *In Service Measurement*. Sub-model *In Service Measurement* dipengaruhi oleh variabel *Average in In Service Measurement Frequency* dengan penjelasan persamaan sebagai berikut:

**Tabel 4.30 Persamaan Sub-model *In Service Measurement***

Variabel	Persamaan
In Service Measurement	$((\text{In Service Measurement Cost} * \text{Average In Service Measurement Frequency}) - \text{Asset Maintenance})$
In Service Measurement Cost	$\text{Labor Cost} + \text{Tools Cost} + \text{Vehicle Cost}$
Average in In Service Measurement Frequency	$\text{RANDOM NORMAL}(58.1, 61.99, 60.13, 1.28, 1)$

#### 4. *Tools Cost*

Variabel *Tools Cost* merupakan variabel jumlah biaya peralatan yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *In Service Measurement*. Variabel *Tools Cost* dipengaruhi oleh variabel *Single Tool Cost* yang menunjukkan harga satuan peralatan dalam satuan nominal rupiah, variabel *PD* yang menunjukkan jumlah peralatan *PD* dalam satuan *unit*, dan variabel *Thermo* yang menunjukkan jumlah peralatan *Thermo* dalam satuan *unit*. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel tersebut:

**Tabel 4.31 Sub-model *Tools Cost***

Variabel	Persamaan
Tools Cost	$(\text{Thermo} * \text{Single Tool Cost}) + (\text{PD} * \text{Single Tool Cost})$
Single Tool Cost	90000
PD	3
Thermo	5

#### 5. *Labor Cost*

Variabel *Labor Cost* merupakan variabel jumlah biaya pekerja yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *In Service Measurement*. Variabel *Labor Cost* dipengaruhi oleh variabel *Workers Number* yang menunjukkan jumlah pekerja dan *Worker Cost* yang menunjukkan harga satuan pekerja dalam satuan nominal rupiah. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel tersebut:



**Tabel 4.32 Sub-model *Labor Cost***

Variabel	Persamaan
Labor Cost	$\text{Worker Cost} * \text{Workers Number}$
Workers Number	4
Worker Cost	960000

## 6. *Vehicle Cost*

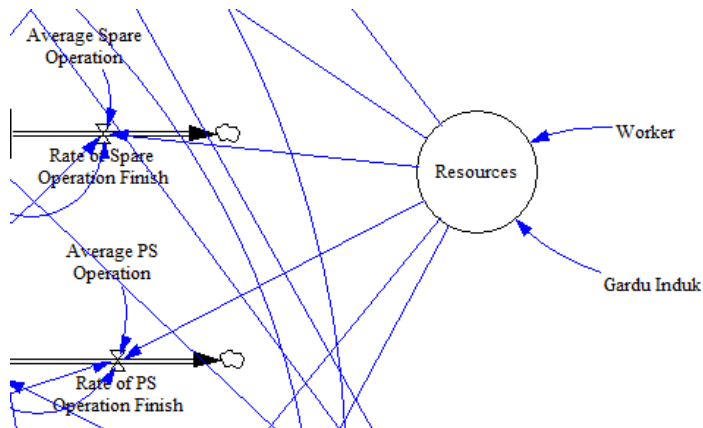
Variabel *Vehicle Cost* merupakan variabel jumlah biaya sewa kendaraan dalam satuan nominal rupiah yang dibutuhkan untuk melaksanakan pemeliharaan jenis *In Service Measurement*. Berikut ini adalah penjelasan untuk variabel tersebut:

**Tabel 4.33 Variabel *Vehicle Cost***

Variabel	Persamaan
Vehicle Cost	1000000

### 4.4.4. Sub-model *Resources*

Sub-model *Resources* merupakan variabel terkait jumlah pekerja dan jumlah Gardu Induk yang dioperasikan oleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Sub-model *Resources* dipengaruhi oleh variabel *Worker* yang menunjukkan jumlah pekerja yang melaksanakan operasi aset dan variabel Gardu Induk yang menunjukkan jumlah Gardu Induk. Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel tersebut:

Gambar 4.14 Sub-model *Resources*Tabel 4.34 Sub-model *Resources*

Variabel	Persamaan
Resources	Gardu Induk/Worker
Worker	4
Gardu Induk	5

#### 4.4.5. Sub-model *Asset Operation*

Sub-model *Asset Operation* merupakan variabel terkait durasi waktu aset-aset milik PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dapat dioperasikan. Aset yang dioperasikan terdiri atas Penyulang Operasi, Inc, Spare, Trafo PS, *Potential Transformer/Light Arrester*, dan Kopel. Berikut ini adalah penjelasan untuk penggunaan aset tersebut:

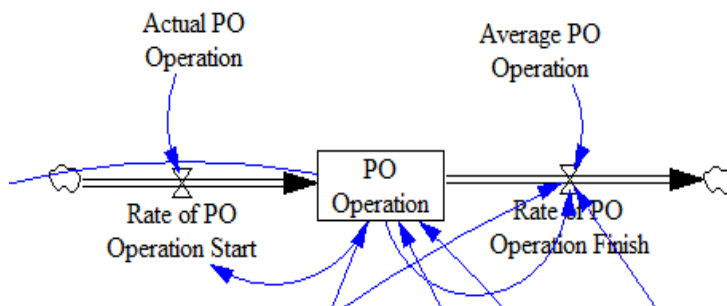
Tabel 4.35 Durasi Penggunaan Aset

Jenis Aset	Durasi
Penyulang Operasi	Rata-rata 365 hari
Inc	Rata-rata 364 hari
Spare	Rata-rata 71 hari

Jenis Aset	Durasi
Trafo PS	Rata-rata 365 hari
Potential Transformer/Light Arrester	Rata-rata 364 hari
Kopel	Rata-rata 5 hari

Sub-model *Asset Operation* dikelompokkan menjadi enam jenis aset yang digunakan dalam proses distribusi tenaga listrik. Masing-masing aset tersebut ditunjukkan dalam variabel *PO Operation*, *Inc Operation*, *Spare Operation*, *PS Operation*, *PT/LA Operation*, dan *Kopel Operation*. Adapun variabel lainnya yang mempengaruhi yakni *Actual Asset Operation* yang menunjukkan waktu penggunaan aset yang dirujukkan oleh perusahaan. Dan variabel *Average Asset Operation* merupakan waktu penggunaan aset yang terjadi dari tahun ke tahun di perusahaan. Durasi penggunaan aset dipengaruhi oleh frekuensi pelaksanaan pemeliharaan aset terencana yang terdiri atas tiga jenis yakni *In Service Inspection*, *In Service Measurement*, dan *Shutdown Measurement*. Penjelasan persamaan yang digunakan pada sub-model *Asset Operation* adalah sebagai berikut:

#### 1. *PO Operation*



Gambar 4.15 Sub-model *PO Operation*

Variabel *PO Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset Penyulang Operasi dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

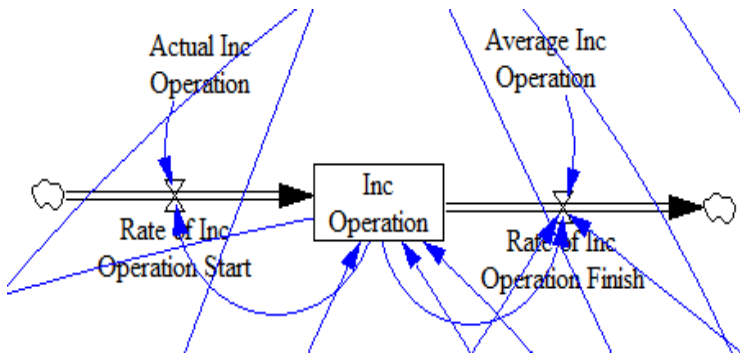
- ✓ *Actual PO Operation*
- ✓ *Average PO Operation*
- ✓ *Rate of PO Operation Start*
- ✓ *Rate of PO Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.36 Persamaan Sub-model *PO Operation***

Variabel	Persamaan
Actual PO Operation	360.1
Average PO Operation	RANDOM NORMAL(358.1, 359.99, 358.97, 0.85, 1)
Rate of PO Operation Start	Actual PO Operation*PO Operation
Rate of PO Operation Finish	(Average PO Operation*PO Operation)-Asset Operation+Resources
PO Operation	((Rate of PO Operation Start- Rate of PO Operation Finish)- (Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency)) Initial Value: 360.1

## 2. *Inc Operation*



**Gambar 4.16 Sub-model *Inc Operation***

Variabel *Inc Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset Inc dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Actual Inc Operation*
- ✓ *Average Inc Operation*
- ✓ *Rate of Inc Operation Start*
- ✓ *Rate of Inc Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

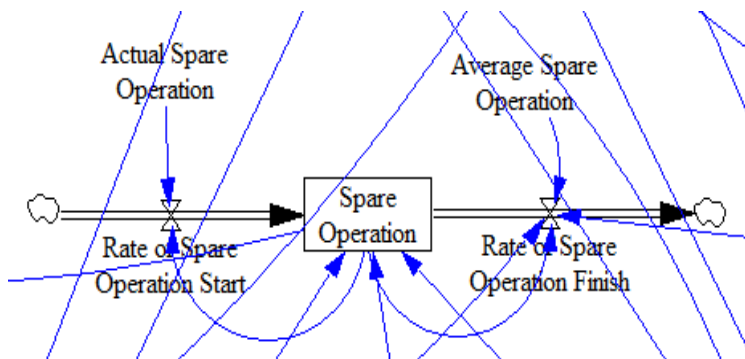
Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.37 Persamaan Sub-model *Inc Operation***

Variabel	Persamaan
Actual Inc Operation	360.1
Average Inc Operation	RANDOM NORMAL(358.1, 359.99 , 358.97, 0.85, 1)

Variabel	Persamaan
Rate of Inc Operation Start	Actual Inc Operation*Inc Operation
Rate of Inc Operation Finish	((Rate of PO Operation Start-Rate of PO Operation Finish)-(Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency))
Inc Operation	((Rate of PO Operation Start-Rate of PO Operation Finish)-(Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency)) Initial Value: 360.1

### 3. Spare Operation



Gambar 4.17 Sub-model Spare Operation

Variabel *Spare Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset *Spare* dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

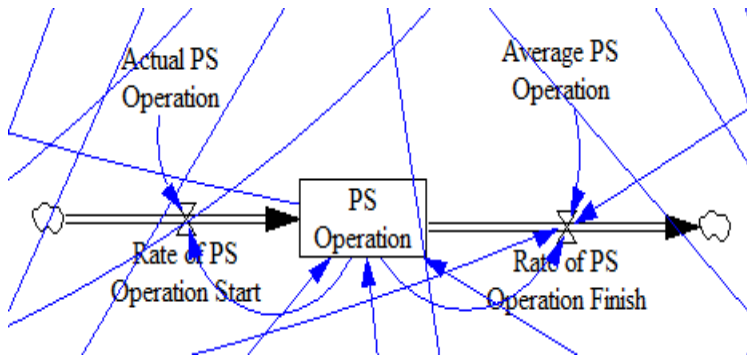
- ✓ *Actual Spare Operation*
- ✓ *Average Spare Operation*
- ✓ *Rate of Spare Operation Start*
- ✓ *Rate of Spare Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.38 Persamaan Sub-model *Spare Operation***

Variabel	Persamaan
Actual Spare Operation	50.1
Average Spare Operation	RANDOM NORMAL(0.1, 89.99 , 15.5, 29.05, 1)
Rate of Spare Operation Start	Actual Spare Operation*Spare Operation
Rate of Spare Operation Finish	(Average Spare Operation*Spare Operation)-Asset Operation+Resources
Spare Operation	((Rate of Spare Operation Start-Rate of Spare Operation Finish)-(Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency))
	Initial Value: 50.1

#### 4. *PS Operation*



**Gambar 4.18 Sub-model *PS Operation***

Variabel *PS Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset Trafo PS dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Actual PS Operation*
- ✓ *Average PS Operation*
- ✓ *Rate of PS Operation Start*
- ✓ *Rate of PS Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

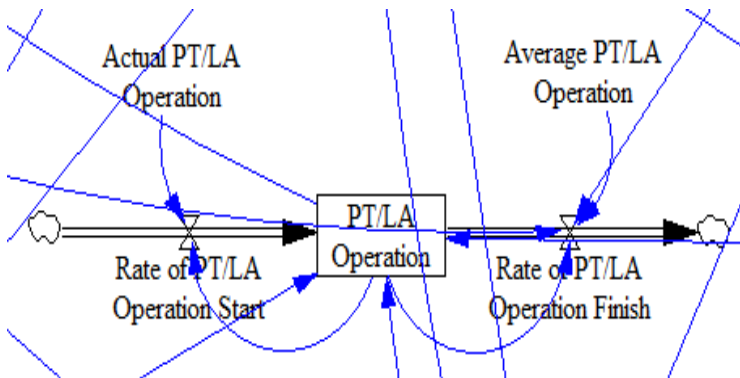
**Tabel 4.39 Persamaan Sub-model *PS Operation***

Variabel	Persamaan
Actual PS Operation	360.1
Average PS Operation	RANDOM NORMAL(358.1, 359.99 , 358.97, 0.85, 1)



Variabel	Persamaan
Rate of PS Operation Start	Actual PS Operation*PS Operation
Rate of PS Operation Finish	(Average PS Operation*PS Operation)-Asset Operation+Resources
PS Operation	$((\text{Rate of PS Operation Start} - \text{Rate of PS Operation Finish}) - (\text{Average Shutdown Measurement Frequency} + \text{Average In Service Inspection Frequency} + \text{Average In Service Measurement Frequency}))$
	Initial Value: 360.1

### 5. *PT/LA Operation*



**Gambar 4.19 Sub-model *PT/LA Operation***

Variabel *PT/LA Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

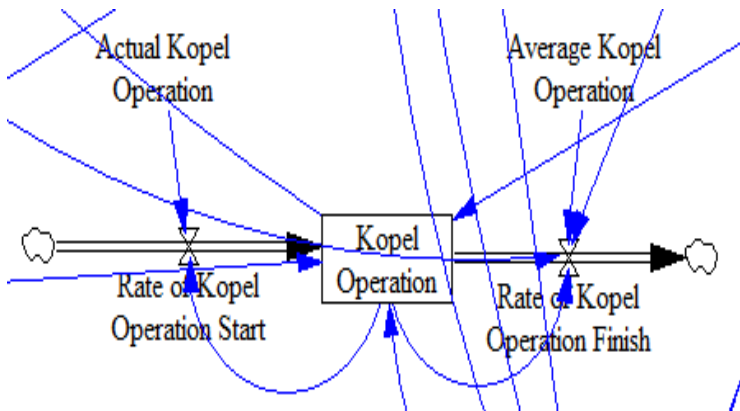
- ✓ *Actual PT/LA Operation*
- ✓ *Average PT/LA Operation*
- ✓ *Rate of PT/LA Operation Start*
- ✓ *Rate of PT/LA Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.40 Persamaan Sub-model *PT/LA Operation***

Variabel	Persamaan
Actual PT/LA Operation	360.1
Average PT/LA Operation	RANDOM NORMAL(358.1, 359.99 , 358.97, 0.85, 1)
Rate of PT/LA Operation Start	"Actual PT/LA Operation"*"PT/LA Operation"
Rate of PT/LA Operation Finish	("Average PT/LA Operation"*"PT/LA Operation")-Asset Operation+Resources
PT/LA Operation	((("Rate of PT/LA Operation Start"- "Rate of PT/LA Operation Finish")-(Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency))
	Initial Value: 360.1

## 6. *Kopel Operation*



**Gambar 4.20 Sub-model *Kopel Operation***

Variabel *Kopel Operation* merupakan variabel durasi penggunaan aset Kopel dari tahun 1986 sampai 2015 dan dipengaruhi oleh variabel berikut:

- ✓ *Actual Kopel Operation*
- ✓ *Average Kopel Operation*
- ✓ *Rate of Kopel Operation Start*
- ✓ *Rate of Kopel Operation Finish*
- ✓ *Resources*
- ✓ *Average in Shutdown Measurement Frequency*
- ✓ *Average in In Service Inspection Frequency*
- ✓ *Average in In Service Measurement Frequency*

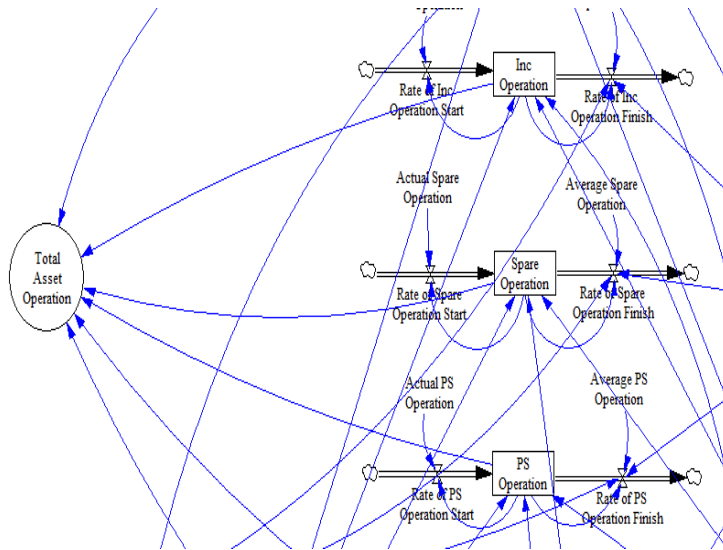
Berikut ini adalah penjelasan untuk masing-masing variabel:

**Tabel 4.41 Persamaan Sub-model *Kopel Operation***

Variabel	Persamaan
Actual Kopel Operation	6.1

Variabel	Persamaan
Average Kopel Operation	RANDOM NORMAL(5.1, 6.99, 6.03, 0.85, 1)
Rate of Kopel Operation Start	Actual Kopel Operation*Kopel Operation
Rate of Kopel Operation Finish	(Average Kopel Operation*Kopel Operation)-Asset Operation+Resources
Kopel Operation	((Rate of Kopel Operation Start-Rate of Kopel Operation Finish)-(Average Shutdown Measurement Frequency+Average In Service Inspection Frequency+Average In Service Measurement Frequency)) Initial Value: 6.1

## 7. *Total Asset Operation*



**Gambar 4.21 Sub-model *Total Asset Operation***

Sub-model *Total Asset Operation* merupakan variabel yang menunjukkan total waktu operasi untuk semua jenis aset yang berada di PT. PLN (Persero) PLN APD Jawa Timur untuk setiap tahunnya. Berikut ini adalah penjelasan persamaan pada variabel *Total Asset Operation*:

**Tabel 4.42 Persamaan Sub-model *Total Asset Operation***

Variabel	Persamaan
Total Asset Operation	$PO \quad \quad \quad Operation + Inc$ $Operation + Spare \quad Operation + PS$ $Operation + "PT/LA$ $Operation" + Kopel \quad Operation$

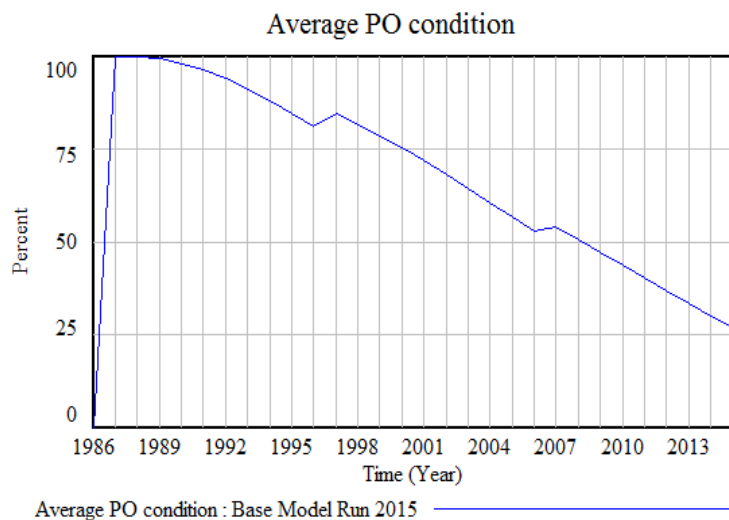
## 4.5. Verifikasi dan Validasi

### 4.5.1 Verifikasi

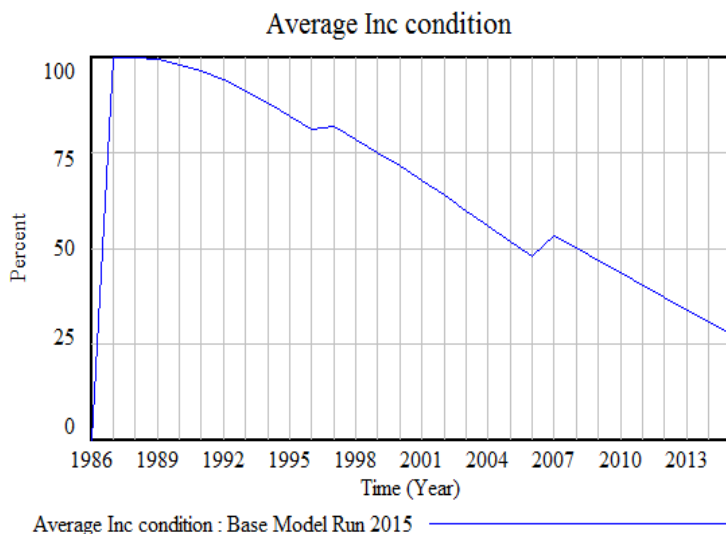
Pada tahapan ini akan dilakukan metode pengujian yakni verifikasi model. Verifikasi model dilakukan untuk mengecek model apakah logika operasional model sudah sesuai dengan logika alurnya atau tidak. Melalui verifikasi model dapat diketahui apakah model sudah terbebas dari kesalahan atau belum. Verifikasi model perlu dilakukan untuk memastikan model dapat memberikan solusi penyelesaian masalah yang masuk akal dan memastikan variabel-variabel yang penting tidak terabaikan.

Tahapan verifikasi model dilakukan dengan melakukan *running* model pada perangkat lunak Vensana Simulation (Vensim). Apabila model dijalankan dan tidak keluar tanda peringatan *error* maka model tersebut telah terverifikasi dan terbebas dari kesalahan.

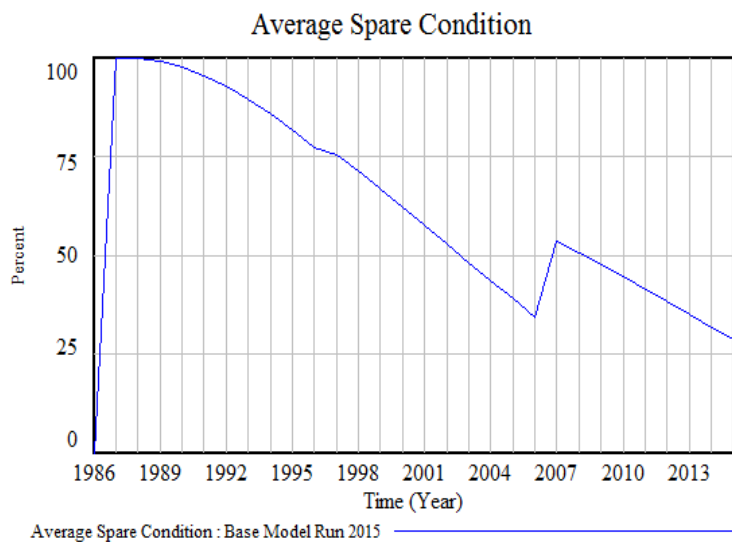
Berikut ini merupakan hasil grafik yang dari base-model pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur:



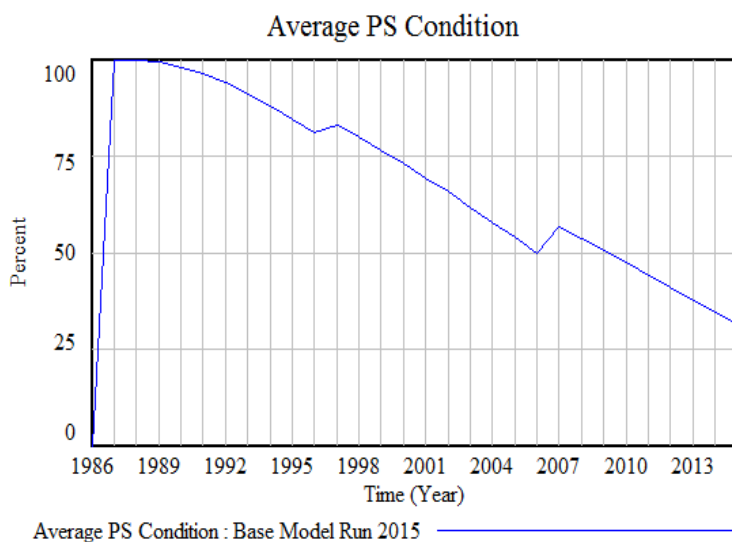
**Gambar 4.22 Kondisi Aset Penyulang Operasi**



**Gambar 4.23 Kondisi Aset Inc**

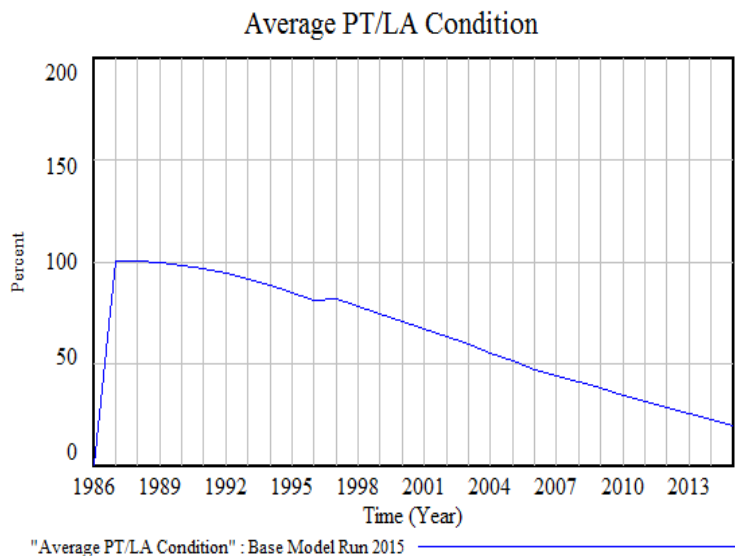


**Gambar 4.24 Kondisi Aset Spare**

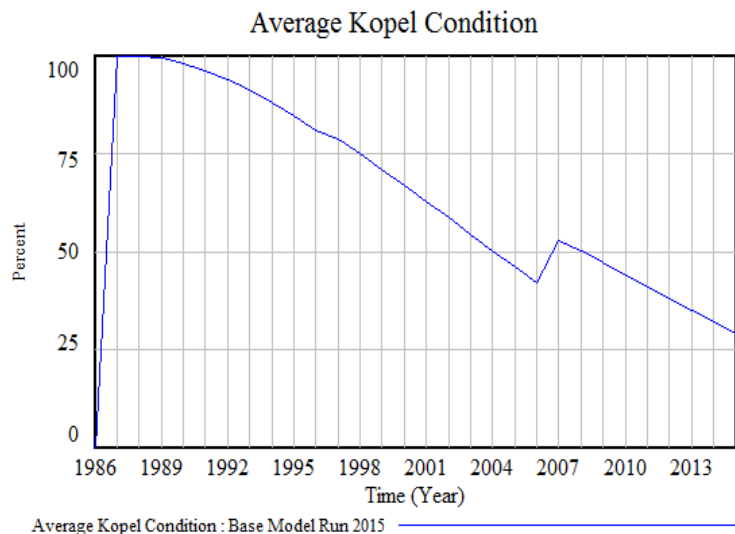


**Gambar 4.25 Kondisi Aset Trafo PS**

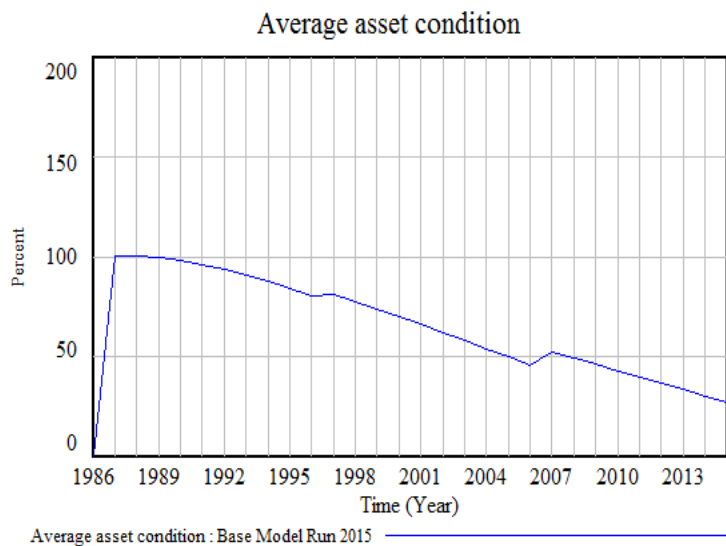




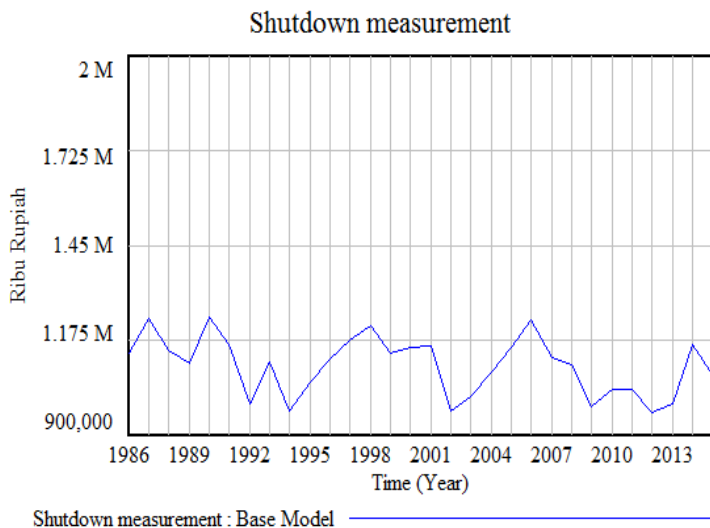
Gambar 4.26 Kondisi Aset PT/LA



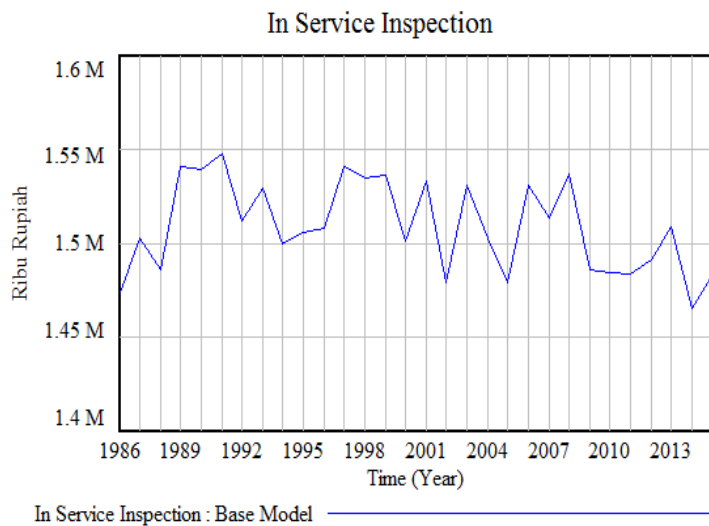
Gambar 4.27 Kondisi Aset Kopel



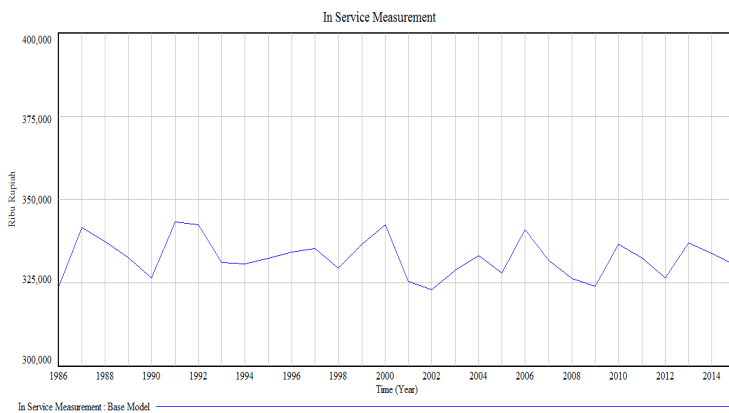
**Gambar 4.28 Rata-Rata Kondisi Keseluruhan Aset**



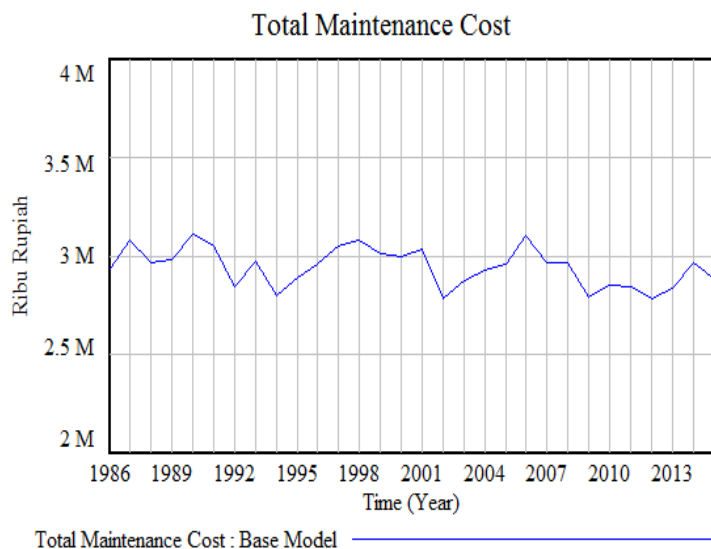
**Gambar 4.29 Biaya Pemeliharaan Shutdown Measurement**



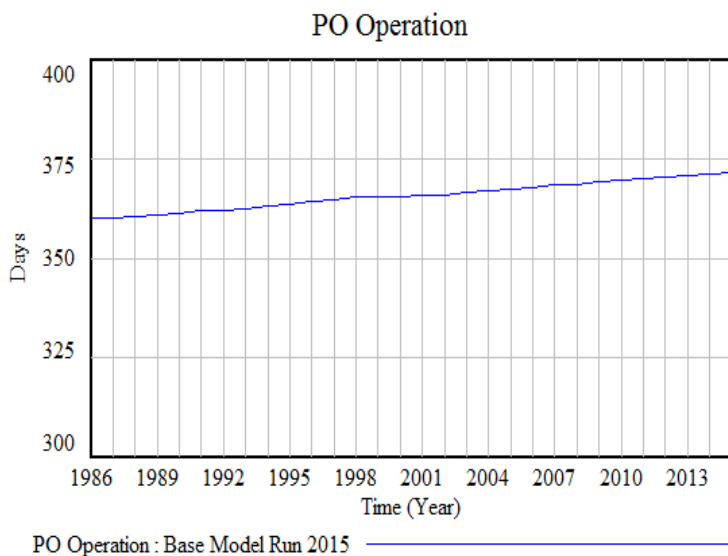
**Gambar 4.30 Biaya Pemeliharaan *In Service Inspection***



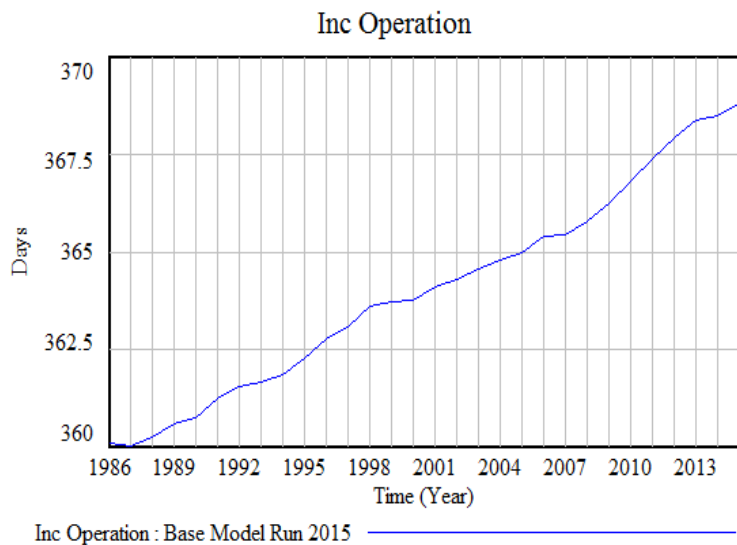
**Gambar 4.31 Biaya Pemeliharaan *In Service Measurement***



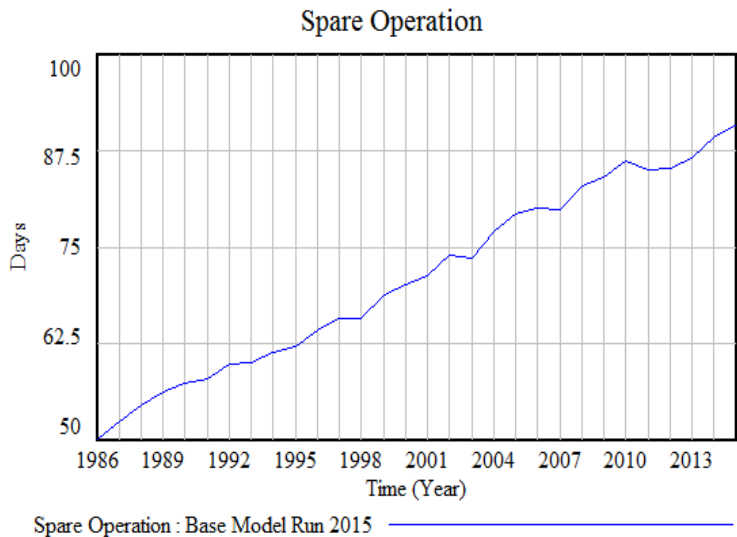
**Gambar 4.32 Total Biaya Pemeliharaan Aset**



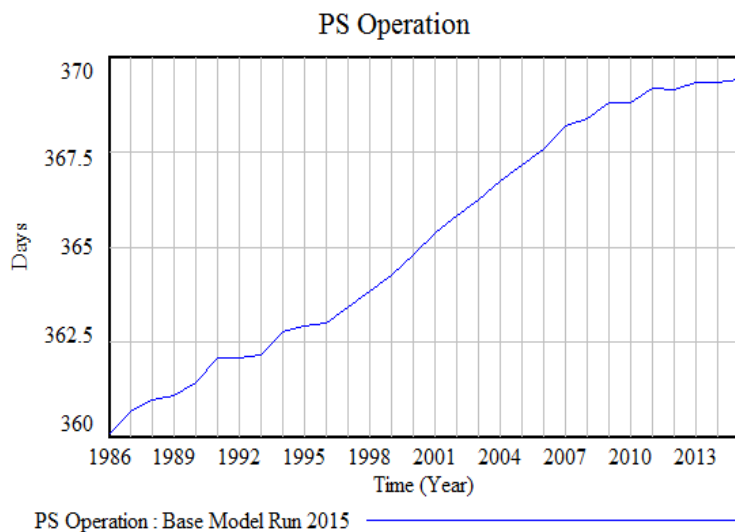
**Gambar 4.33 Durasi Penggunaan Penyulang Operasi**



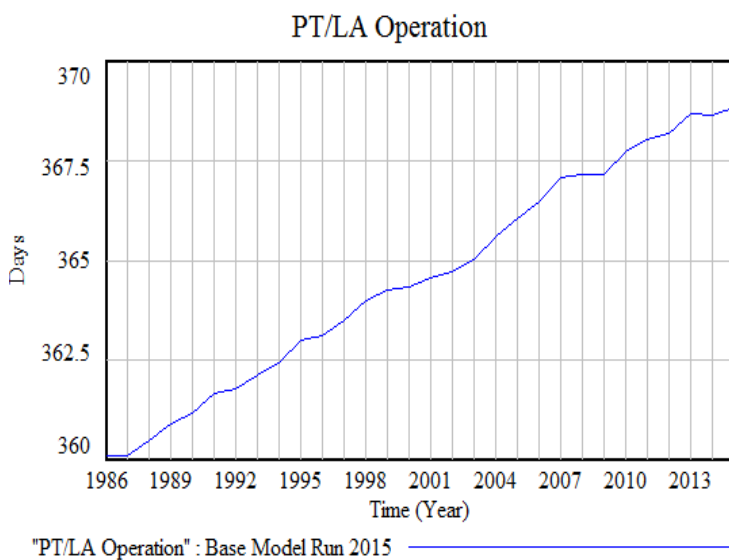
**Gambar 4.34 Durasi Penggunaan *Inc***



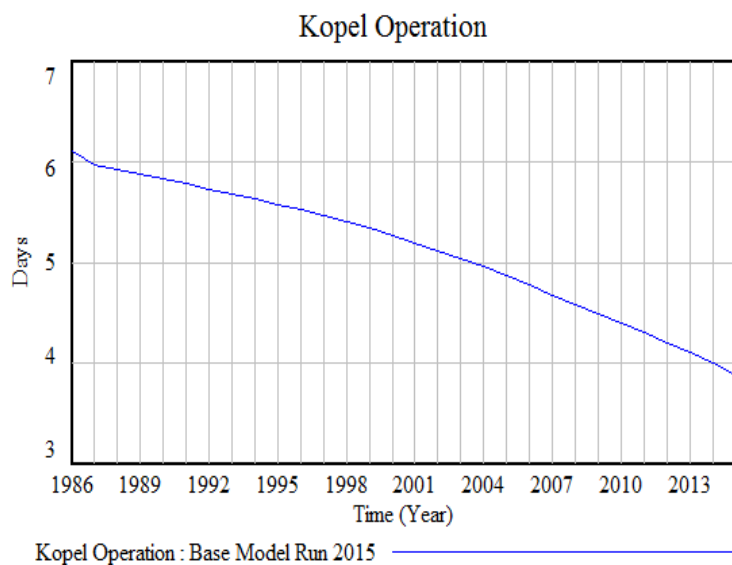
**Gambar 4.35 Durasi Penggunaan *Spare***



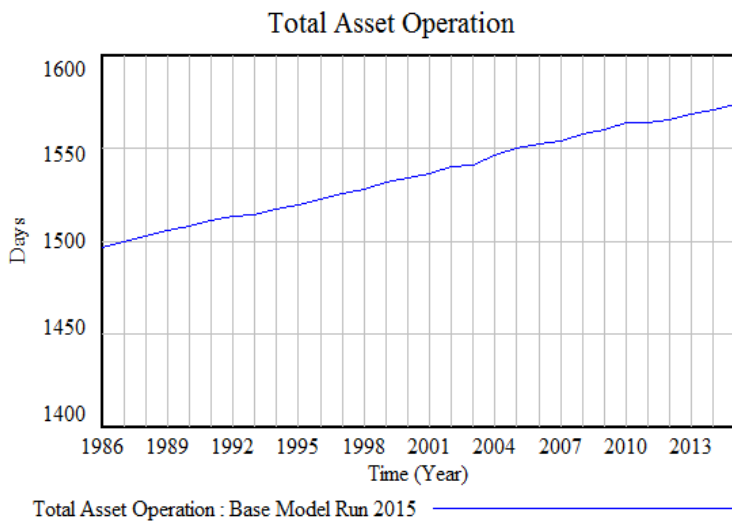
**Gambar 4.36 Durasi Penggunaan Trafo PS**



**Gambar 4.37 Durasi Penggunaan PT/LA**



**Gambar 4.38 Durasi Penggunaan Kopel**



**Gambar 4.39 Total Durasi Penggunaan Aset**

Berdasarkan grafik-grafik tersebut dapat diketahui bahwa kondisi aset Penyulang Operasi pada tahun 2009 sebesar 47%, kondisi aset *Inc* pada tahun 2006 sebesar 47% , dan kondisi aset *Spare* pada tahun 2009 sebesar 47%. Selanjutnya kondisi aset Trafo PS pada tahun 2010 sebesar 47%, kondisi aset PT/LA pada tahun 2006 sebesar 47%, dan kondisi aset Kopel pada tahun 2009 sebesar 47%. Hal ini menunjukkan kondisi semua jenis aset sudah berada dibawah angka 50% namun masih dapat beroperasi hingga saat ini.

Kemudian pada sub-model pemeliharaan aset dapat diketahui bahwa biaya pemeliharaan aset jenis *Shutdown Measurement* dari tahun ke tahun terus mengalami penurunan dan kenaikan biaya dengan biaya terendah Rp 323.877.000,- pada tahun 1986 dan biaya tertinggi Rp 343.126.000 pada tahun 2001. Untuk biaya pemeliharaan aset jenis *In Service Inspection* dari tahun ke tahun juga mengalami penurunan dan kenaikan biaya dengan biaya terendah Rp 1.465.410.000,- pada tahun 2014 dan biaya tertinggi Rp 1.547.800.000,- pada tahun 1991. Selanjutnya untuk biaya pemeliharaan aset jenis *In Service Measurement* dari tahun ke tahun juga mengalami penurunan dan kenaikan biaya dengan biaya terendah Rp 966.075.000,- pada tahun 2012 dan biaya tertinggi Rp 1.242.560.000,- pada tahun 1990.

Berikutnya pada sub-model penggunaan aset dapat diketahui bahwa durasi penggunaan aset Penyulang Operasi, *Inc*, *Spare*, Trafo PS, dan PT/LA dari tahun ke tahun terus mengalami kenaikan sesuai dengan harapan pihak perusahaan. Sementara durasi penggunaan aset Kopel dari tahun ke tahun terus mengalami penurunan sesuai dengan harapan pihak perusahaan.



#### 4.5.2 Validasi

Tahapan validasi model bertujuan untuk memastikan apakah model sudah dapat merepresentasikan sistem nyata yang sedang dimodelkan [33]. Suatu model dapat dikatakan mampu merepresentasikan sistem nyata apabila tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antara hasil simulasi model dengan data yang diperoleh dari perusahaan.

Validasi model dilakukan melalui dua acara pengujian yaitu uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dan uji perbandingan variasi amplitudo (*% error variance*). Suatu model dapat dikatakan valid apabila hasil uji *mean comparison* adalah kurang dari sama dengan 5 persen. Dan hasil uji *% error variance* adalah kurang dari sama dengan 30 persen [34].

Berikut ini adalah dua cara yang dapat digunakan untuk melakukan uji *mean comparison* dan *% error variance* tersebut [34]:

1. Uji Perbandingan Rata-rata (*Mean Comparison*)

$$E1 = \frac{S - A}{A}$$

Dimana:

S = Nilai rata-rata hasil simulasi

A = Nilai rata-rata data historis

2. Uji Perbandingan Variasi Amplitudo (*% Error Variance*)

$$E2 = \frac{|Ss - Sa|}{Sa}$$

Dimana:

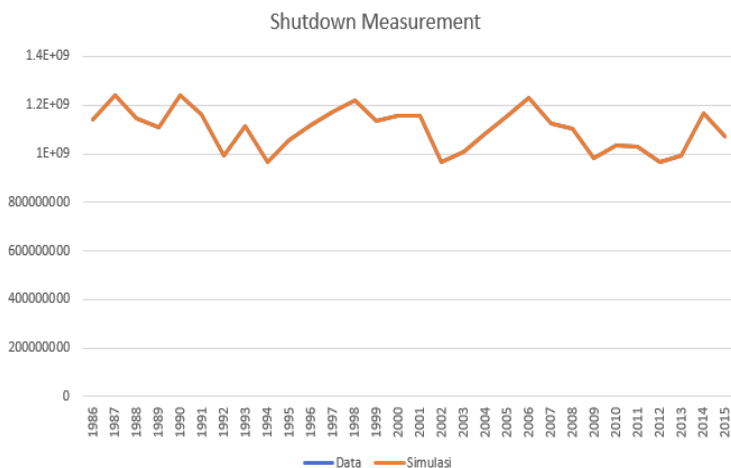
Ss = Standar deviasi hasil simulasi

Sa = Standar deviasi data historis

Berikut ini adalah hasil validasi yang dilakukan pada sub-model terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur:

### 1. Validasi Biaya Pemeliharaan *Shutdown Measurement*

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara biaya pemeliharaan *Shutdown Measurement* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



**Gambar 4.40 Validasi Biaya *Shutdown Measurement***

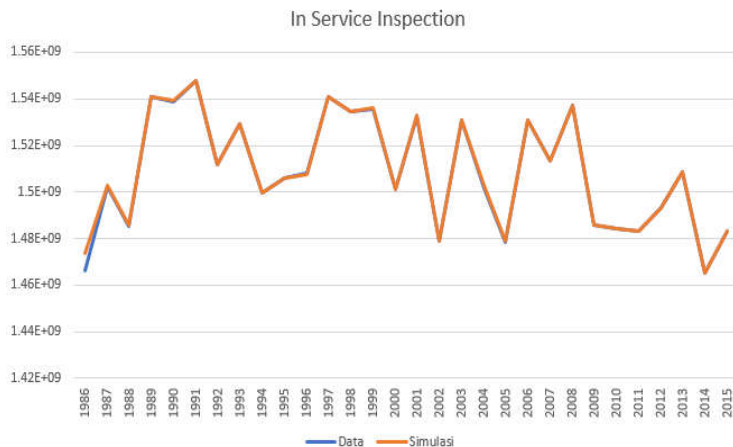
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.43 Validasi Biaya *Shutdown Measurement*

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ ( $< 5\%$ )	$\frac{ 1.100.951.367 - 1.100.936.023 }{1.100.936.023}$ $= 0,001393693 \times 100\% = 0,14\%$	<b>Model Valid</b>
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ ( $< 30\%$ )	$\frac{ 85.160.080,9 - 85.154.711,73 }{85.154.711,73}$ $= 0,006305187 \times 100\% = 0,63\%$	

## 2. Validasi Biaya Pemeliharaan *In Service Inspection*

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara biaya pemeliharaan *In Service Inspection* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.

Gambar 4.41 Validasi Biaya *In Service Inspection*

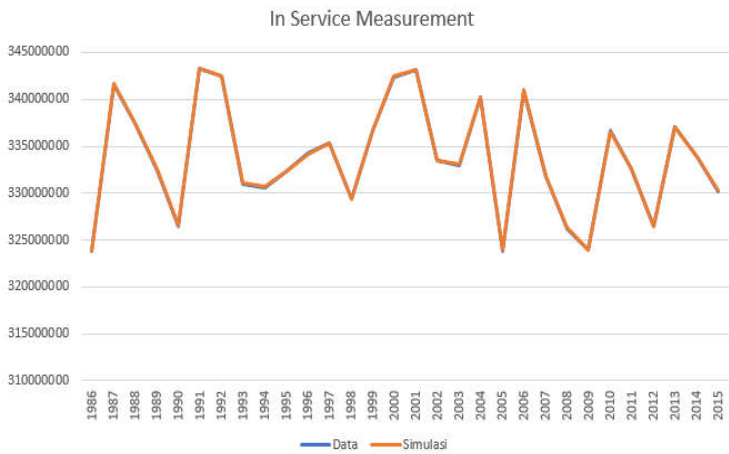
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.44 Validasi Biaya *In Service Inspection***

Mean Comparison  $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ (< 5 %)	$\frac{ 1.508.902.667 - 1.508.545.484 }{1.508.545.484}$ = 0,000236773 x 100 % = <b>0,02%</b>	<b>Model Valid</b>
Error Variance  $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 24.219.868,44 - 24.645.377,85 }{24.645.377,85}$ = 0,017265282 x 100 % = <b>1,7%</b>	

### 3. Validasi Biaya Pemeliharaan *In Service Measurement*

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara biaya pemeliharaan *In Service Measurement* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



Gambar 4.42 Validasi Biaya *In Service Measurement*

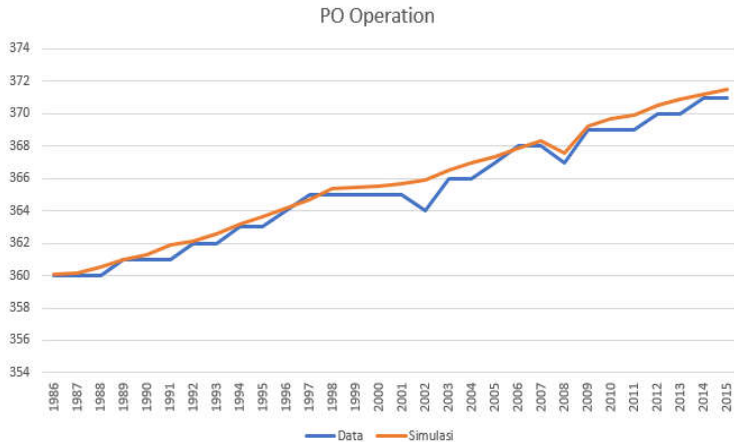
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.45 Validasi Biaya *In Service Measurement*

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ ( < 5 % )	$\frac{  333.790.400 - 333.758.870  }{333.758.870}$ $= 0,00944694 \times 100 \% = 0,94\%$	Model Valid
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ ( < 30 % )	$\frac{  5.987.971,682 - 6.000.090,491  }{6.000.090,491}$ $= 0,002019771 \times 100 \% = 0,2\%$	

#### 4. Validasi Durasi Penggunaan Penyulang Operasi

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset Penyulang Operasi hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



**Gambar 4.43 Validasi Penggunaan Penyulang Operasi**

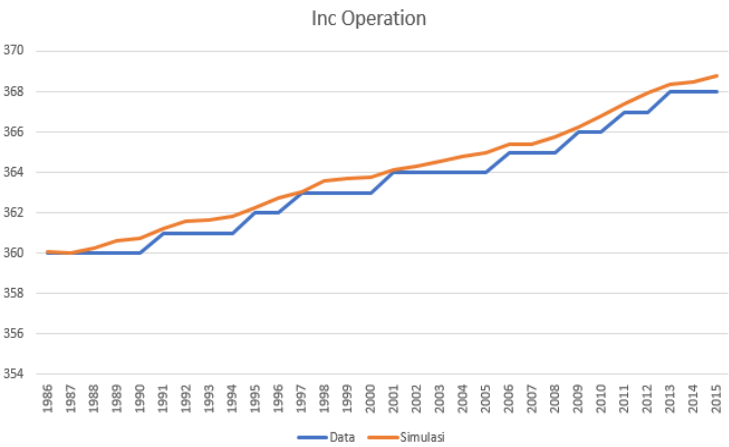
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.46 Validasi Penggunaan Penyulang Operasi

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ ( < 5 % )	$\frac{  365,6936 - 365,233  }{365,233}$ $= 0,0012600199 \times 100 \% = 0,12\%$	Model Valid
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ ( < 30 % )	$\frac{  3,532437337 - 3,46094798  }{3,46094798}$ $= 0,020656036 \times 100 \% = 2,06\%$	

5. Validasi Durasi Penggunaan Inc

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset *Inc* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



Gambar 4.44 Validasi Penggunaan Inc

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

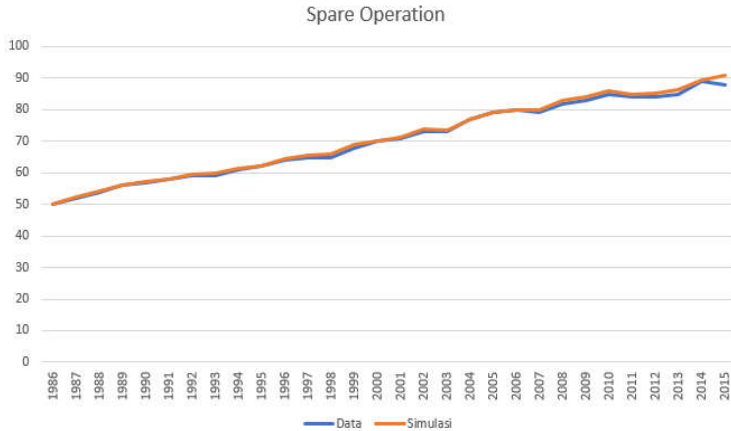
**Tabel 4.47 Validasi Penggunaan Inc**

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ (< 5 %)	$\frac{ 364,0155667 - 363,5 }{363,5}$ = 0,00141834 x 100 % = <b>0,14%</b>	<b>Model Valid</b>
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 2,680325504 - 2,609663738 }{2,609663738}$ = 0,027076962 x 100 % = <b>2,7%</b>	

## 6. Validasi Durasi Penggunaan Spare

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset *Spare* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.





**Gambar 4.45 Validasi Penggunaan Spare**

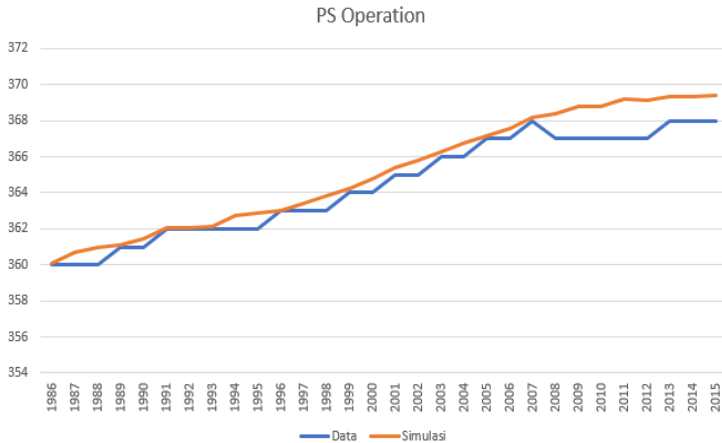
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.48 Validasi Penggunaan Spare**

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{ 71,03733333 - 70,4 }{70,4}$ = 0,00905303 x 100 % = <b>0,9%</b>	<b>Model Valid</b>
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 12,26326107 - 11,93545862 }{11,93545862}$ = 0,027464588 x 100 % = <b>2,7%</b>	

## 7. Validasi Durasi Penggunaan PS

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset Trafo PS hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



**Gambar 4.46 Validasi Penggunaan Trafo PS**

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

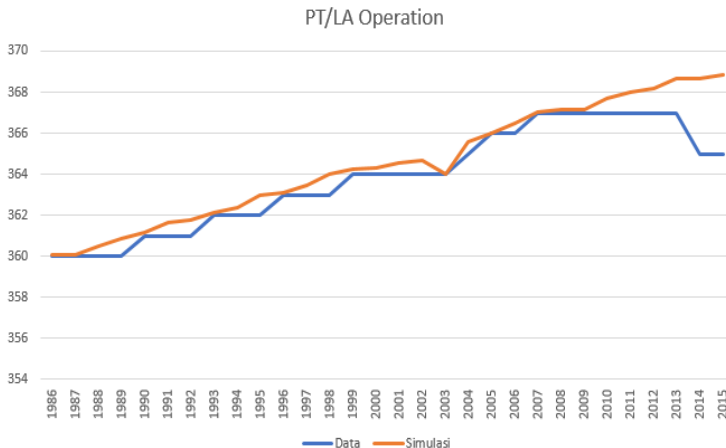
**Tabel 4.49 Validasi Penggunaan Trafo PS**

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{ 365,166 - 364,4 }{364,4}$ = 0,002102086 x 100 % = <b>0,21%</b>	<b>Model Valid</b>
--	---	--------------------

Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 3,149838091 - 2,761808503 }{2,761808503}$	
	$= 0,140498368 \times 100 \% = 14,04\%$	

## 8. Validasi Durasi Penggunaan PT/LA

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



**Gambar 4.47 Validasi Penggunaan PT/LA**

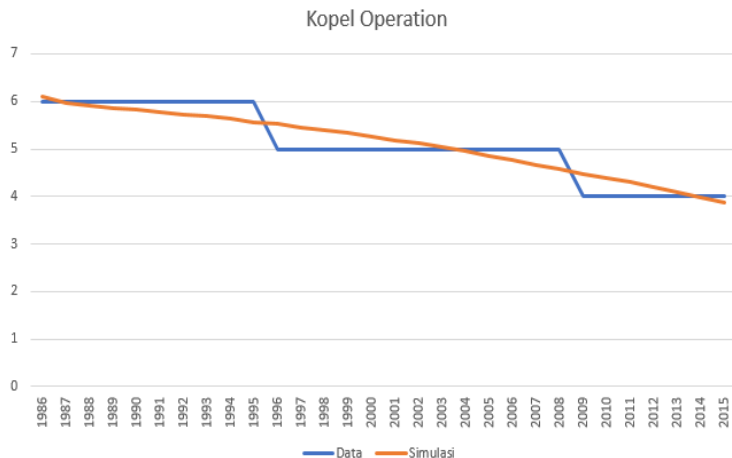
Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.50 Validasi Penggunaan PT/LA

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{\bar{A}}$ (< 5 %)	$\frac{ 364,521 - 363,8 }{363,8}$ = 0,001981858 x 100 % = <b>0,19%</b>	<b>Model Valid</b>
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 2,808582106 - 2,48304596 }{2,48304596}$ = 0,131103552 x 100 % = <b>13,1%</b>	

## 9. Validasi Durasi Penggunaan Kopel

Grafik ini menunjukkan perbandingan antara durasi penggunaan aset Trafo Kopel hasil simulasi model dan data asli perusahaan.



Gambar 4.48 Validasi Penggunaan Kopel

Berdasarkan hasil simulasi yang didapatkan selanjutnya dilakukan validasi melalui uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Hasilnya adalah sebagai berikut:

**Tabel 4.51 Validasi Penggunaan Kopel**

Mean Comparison $E1 = \frac{ \bar{S} - \bar{A} }{A}$ (< 5 %)	$\frac{ 5,117666667 - 5,1 }{5,1}$ = 0,003464052 x 100 % = <b>0,34%</b>	<b>Model Valid</b>
Error Variance $E2 = \frac{ Ss - Sa }{Sa}$ (< 30 %)	$\frac{ 0,65396237 - 0,758855763 }{0,758855763}$ = 0,138225731 x 100 % = <b>13,8%</b>	

Suatu model dapat dinyatakan valid apabila uji statistik perbandingan rata-rata (*mean comparison*) dengan nilai kurang dari sama dengan 5 persen dan uji perbandingan variasi amplitudo (*error variance*) dengan nilai kurang dari sama dengan 30 persen. Maka berdasarkan uji validasi yang dilakukan, *base-model* yang dikembangkan telah valid dan dapat digunakan sebagai model dasar untuk melakukan skenariosasi untuk meningkatkan pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

## 4.6. Pembuatan Skenario

### 4.6.1. Pengembangan Skenario

Setelah *base model* sudah terverifikasi dan tervalidasi langkah berikutnya adalah melakukan pembuatan skenario simulasi. Skenario simulasi dapat dilakukan dengan menambahkan satu atau beberapa variabel yang memberikan pengaruh terhadap keandalan pemeliharaan dan penggunaan aset.

Pada sistem dinamik terdapat dua jenis skenario, yakni skenario parameter dan skenario struktur. Skenario parameter dilakukan dengan mengubah nilai parameter model lalu dilihat seperti apa dampaknya terhadap output *model*. Dalam skenario parameter ada tiga pengembangan yakni dalam bentuk optimis, *most likely*, dan pesimis. Sedangkan skenario struktur dilakukan dengan mengubah struktur model, menambahkan beberapa *feedback loop* dan mengubah struktur *feedback loop*, serta menambahkan parameter baru. Hal ini dilakukan untuk memberikan rekomendasi struktur yang dapat memperbaiki kinerja sistem.

Terdapat fokus utama untuk meningkatkan keandalan pemeliharaan dan penggunaan aset di jaringan distribusi listrik di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yaitu dengan meningkatkan kondisi aset, menurunkan biaya pemeliharaan aset, dan memastikan durasi penggunaan aset dapat berjalan lama. Dalam tugas akhir ini skenario yang dilakukan adalah skenario struktur dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Skenario struktur melakukan replacement ketika kondisi aset sudah dibawah 50 persen sesuai dengan jumlah aset yang kondisinya sudah tidak baik tersebut.

2. Skenario struktur untuk mengurangi biaya pemeliharaan aset dan memastikan durasi penggunaan aset dapat berjalan lama.

#### 4.6.2. Skenario Struktur

Tujuan dari pembuatan skenario struktur berikut ini adalah untuk meningkatkan keandalan pemeliharaan dan penggunaan aset di jaringan distribusi listrik di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yaitu dengan meningkatkan kondisi aset yang dipengaruhi oleh kondisi aset (*Average Asset Condition*). Dan menurunkan biaya pemeliharaan aset yang akan berpengaruh pada durasi penggunaan aset.

Pada simulasi ini akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah yang dapat dilakukan perusahaan untuk meningkatkan keandalan pemeliharaan dan penggunaan aset di jaringan distribusi listrik dengan beberapa skenario yakni:

1. Skenario struktur melakukan replacement ketika kondisi aset sudah dibawah 50 persen sesuai dengan jumlah aset yang kondisinya sudah tidak baik tersebut.
2. Skenario struktur untuk mengurangi biaya pemeliharaan aset dan memastikan durasi penggunaan aset dapat berjalan lama..

##### 4.6.2.1. Skenario Struktur *Replacement Asset*

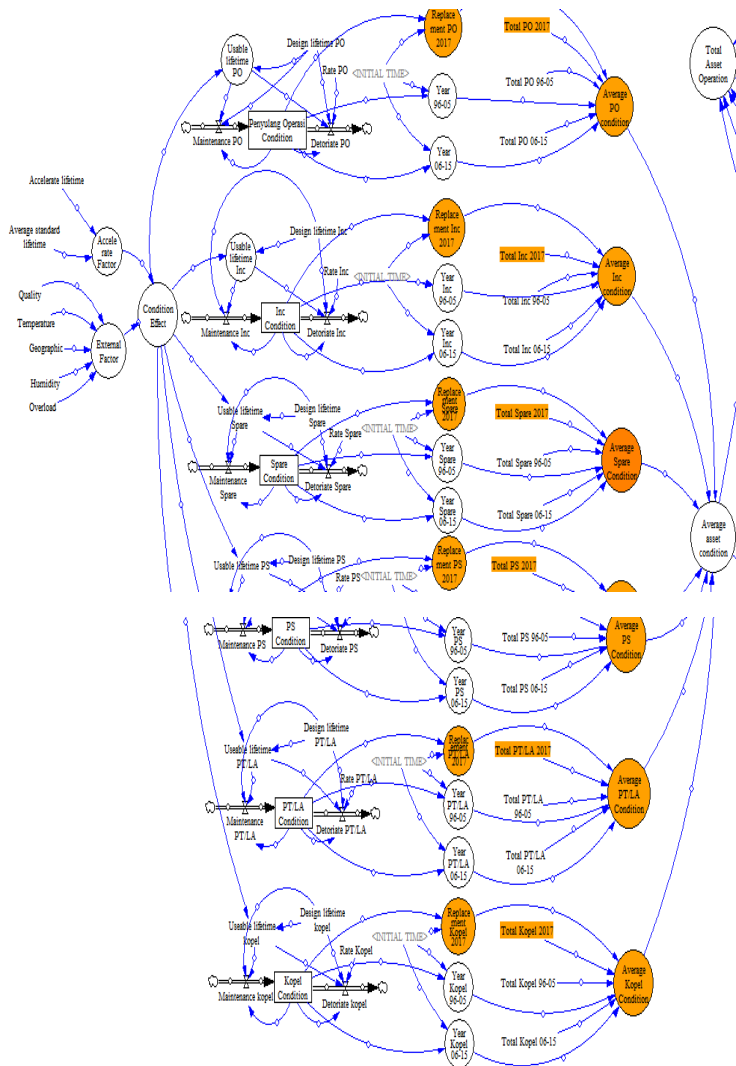
Pembuatan skenario struktur dengan melakukan replacement aset yang kondisinya sudah tidak baik yaitu:

1. *Replacement* pada aset Penyulang Operasi di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 20%.

2. *Replacement* pada aset Inc di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 21%.
3. *Replacement* pada aset Spare di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 22%.
4. *Replacement* pada aset Trafo PS di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 25%.
5. *Replacement* pada aset PT/LA di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 14%.
6. *Replacement* pada aset Kopel di tahun 2017 karena kondisi aset pada tahun tersebut adalah 23%.

Penggantian aset sesuai dengan jumlah aset yang kondisinya sudah tidak baik. Berdasarkan asumsi pembuatan skenario dilakukanlah penambahan dan pengubahan beberapa variabel. Berikut ini adalah diagram skenario pemasangan aset baru tersebut:





**Gambar 4.49 Skenario Struktur Replacement Aset**



### 1. *Replacement PO 2017*

Variabel *Replacement PO 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.52 Persamaan *Replacement PO 2017***

Variabel	Persamaan
Replacement PO 2017	DELAY INFORMATION (Penyulang Operasi Condition,2017-INITIAL TIME,0)

### 2. *Total PO 2017*

Variabel *Total PO 2017* merupakan variabel jumlah Penyulang Operasi yang akan dipasang pada tahun 2017.

**Tabel 4.53 Persamaan *Total PO 2017***

Variabel	Persamaan
Total PO 2017	54

### 3. *Average PO Condition*

Variabel *Average PO Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Penyulang Operasi setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.54 Persamaan *Average PO Condition***

Variabel	Persamaan
Average PO Condition	$\frac{((\text{Replacement PO 2017} * \text{Total PO 2017}) + ("Year 96-05" * "Total PO 96-05") + ("Year 06-15" * "Total PO 06-15"))}{("Total PO 96-05" + (IF THEN ELSE("Year 96-05"=0,0,"Total PO 06-15")) + (IF THEN$

Variabel	Persamaan
	ELSE(Replacement PO 2017=0,0,Total PO 2017)))

#### 4. *Replacement Inc 2017*

Variabel *Replacement Inc 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.55 *Replacement Inc 2017***

Variabel	Persamaan
Replacement Inc 2017	DELAY INFORMATION (Inc Condition,2017-INITIAL TIME,0)

#### 5. *Total Inc 2017*

Variabel *Total Inc 2017* merupakan variabel jumlah *Inc* yang akan dipasang pada tahun 2017.

**Tabel 4.56 Persamaan *Total Inc 2017***

Variabel	Persamaan
Total Inc 2017	8

#### 6. *Average Inc Condition*

Variabel *Average Inc Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Inc* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.57 Persamaan *Average Inc Condition***

Variabel	Persamaan
Average Inc Condition	((Replacement Inc 2017*Total Inc 2017)+("Year Inc 96-05"*"Total Inc 96-05")+("Year Inc 06-15"*"Total Inc 06-15")) /

Variabel	Persamaan
	("Total Inc 96-05"+(IF THEN ELSE("Year Inc 96-05"=0,0,"Total Inc 06-15"))+(IF THEN ELSE(Replacement Inc 2017=0,0,"Total Inc 2017")))

### 7. *Replacement Spare 2017*

Variabel *Replacement Spare 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.58 Persamaan *Replacement Spare 2017***

Variabel	Persamaan
Replacement Spare 2017	DELAY INFORMATION (Spare Condition,2017-INITIAL TIME,0)

### 8. *Total Spare 2017*

Variabel *Total Spare 2017* merupakan variabel jumlah *Spare* yang akan dipasang pada tahun 2017.

**Tabel 4.59 Persamaan *Total Spare 2017***

Variabel	Persamaan
Total Spare 2017	18

### 9. *Average Spare Condition*

Variabel *Average Spare Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Spare* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.60 Persamaan *Average Spare Condition***

Variabel	Persamaan
Average Spare Condition	((Replacement Spare 2017*Total Spare 2017)+("Year Spare 96-05"*"Total Spare 96-

Variabel	Persamaan
	$\frac{05") + ("Year\ Spare\ 06-15" * "Total\ Spare\ 06-15"))}{("Total\ Spare\ 96-05" + (IF\ THEN\ ELSE("Year\ Spare\ 96-05" = 0,0, "Total\ Spare\ 06-15")) + (IF\ THEN\ ELSE(Replacement\ Spare\ 2017 = 0,0, Total\ Spare\ 2017)))}$

#### 10. *Replacement PS 2017*

Variabel *Replacement PS 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.61 Persamaan *Replacement PS 2017***

Variabel	Persamaan
Replacement PS 2017	$\frac{DELAY\ INFORMATION\ (PS\ Condition, 2017 - INITIAL\ TIME, 0)}{0}$

#### 11. *Total PS 2017*

Variabel *Total PS 2017* merupakan variabel jumlah Trafo PS yang akan dipasang pada tahun 2017.

**Tabel 4.62 Persamaan *Total PS 2017***

Variabel	Persamaan
Total PS 2017	6

#### 12. *Average PS Condition*

Variabel *Average PS Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Trafo PS setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.63 Persamaan *Average PS Condition***

Variabel	Persamaan
Average PS Condition	$\frac{((\text{Replacement PS 2017} * \text{Total PS 2017}) + ("Year PS 96-05" * "Total PS 96-05") + ("Year PS 06-15" * "Total PS 06-15"))}{("Total PS 96-05" + (\text{IF THEN ELSE}("Year PS 96-05"=0,0,"Total PS 06-15")) + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement PS 2017}=0,0,\text{Total PS 2017})))}$

### 13. *Replacement PT/LA 2017*

Variabel *Replacement PT/LA 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.64 Persamaan *Replacement PT/LA 2017***

Variabel	Persamaan
Replacement PT/LA 2017	DELAY INFORMATION ("PT/LA Condition",2017-INITIAL TIME,0)

### 14. *Total PT/LA 2017*

Variabel *Total PT/LA 2017* merupakan variabel jumlah *Potential Transformer/Light Arrester* yang akan dipasang pada tahun 2017.

**Tabel 4.65 Persamaan *Total PT/LA 2017***

Variabel	Persamaan
Total PT/LA 2017	9

### 15. Average PT/LA Condition

Variabel *Average PT/LA Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.66 Persamaan Average PT/LA Condition**

Variabel	Persamaan
Average PT/LA Condition	$\frac{(("Replacement\ PT/LA\ 2017" * Total\ PT/LA\ 2017") + ("Year\ PT/LA\ 96-05" * Total\ PT/LA\ 96-05") + ("Year\ PT/LA\ 06-15" * Total\ PT/LA\ 06-15"))}{("Total\ PT/LA\ 96-05" + (IF\ THEN\ ELSE("Year\ PT/LA\ 96-05" = 0,0, "Total\ PT/LA\ 06-15")) + (IF\ THEN\ ELSE("Replacement\ PT/LA\ 2017" = 0,0, "Total\ PT/LA\ 2017")))}$

### 16. Replacement Kopel 2017

Variabel *Replacement Kopel 2017* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.67 Persamaan Sub-model Replacement Kopel 2017**

Variabel	Persamaan
Replacement Kopel 2017	$DELAY\ INFORMATION\ (Kopel\ Condition, 2017 - INITIAL\ TIME, 0)$

### 17. Total Kopel 2017

Variabel *Total Kopel 2017* merupakan variabel jumlah Kopel yang akan dipasang pada tahun 2017.



**Tabel 4.68 Persamaan *Total Kopel 2017***

Variabel	Persamaan
Total Kopel 2017	15

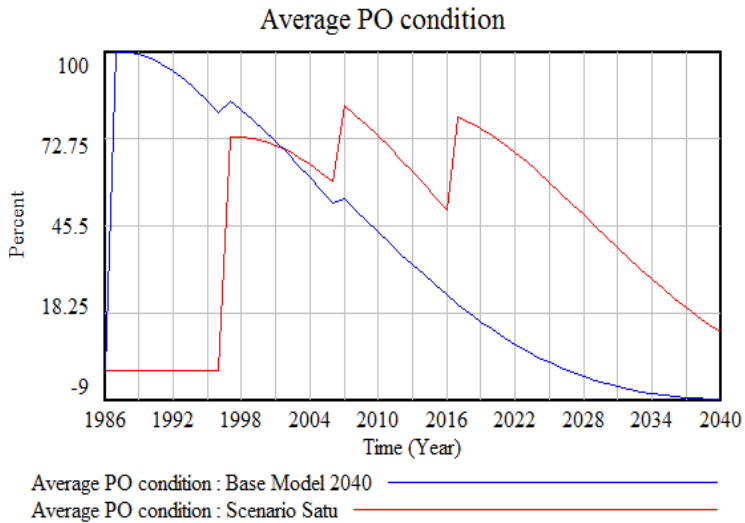
### 18. *Average Kopel Condition*

Variabel *Average Kopel Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Kopel setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.69 Persamaan *Average Kopel Condition***

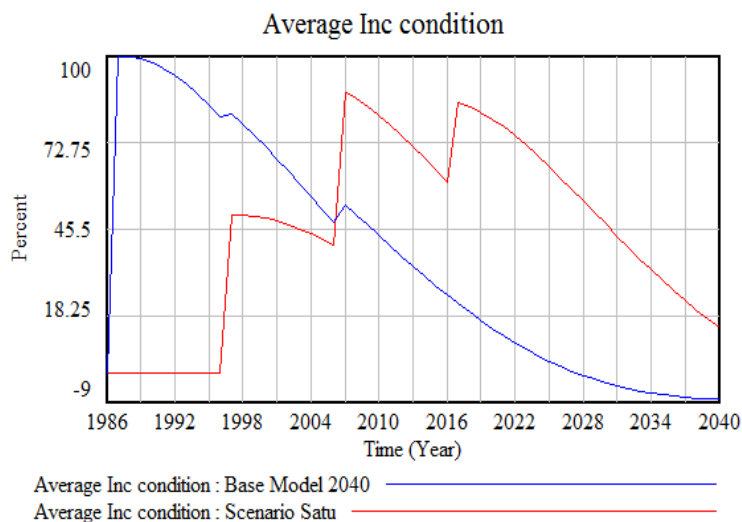
Variabel	Persamaan
Average Kopel Condition	$\frac{((\text{Replacement Kopel 2017} * \text{Total Kopel 2017}) + (\text{"Year Kopel 96-05"} * \text{Total Kopel 96-05}) + (\text{"Year Kopel 06-15"} * \text{Total Kopel 06-15}))}{(\text{"Total Kopel 96-05"} + (\text{IF THEN ELSE}(\text{"Year Kopel 96-05"} = 0, 0, \text{"Total Kopel 06-15"})) + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Kopel 2017} = 0, 0, \text{Total Kopel 2017}))}$

Setelah dilakukan penambahan variabel dan perumusan selanjutnya skenario dapat dijalankan. Hasil yang didapatkan dari skenario *replacement asset* ini dibandingkan dengan *base model* dan memberikan pengaruh kepada kondisi aset Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.



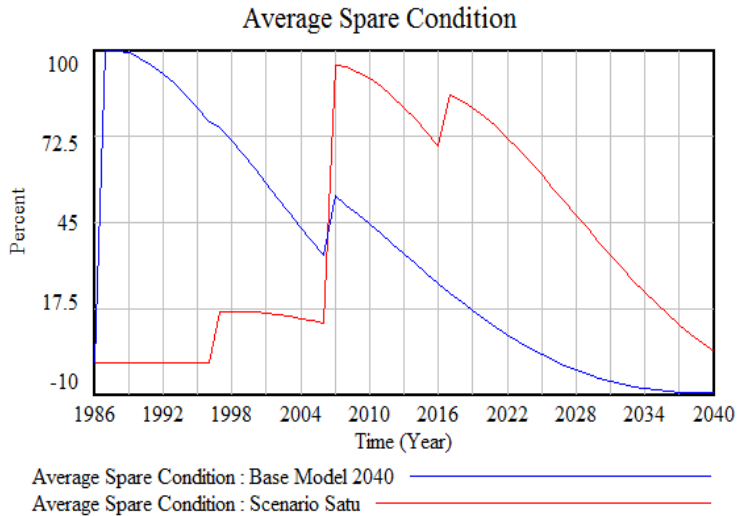
**Gambar 4.50 Hasil Skenario Average PO Condition**

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi Penyulang Operasi pada tahun 2026 sudah sangat kritis yakni 1% sedangkan pada skenario 1 kondisi Penyulang Operasi pada tahun 2026 masih berada diatas 55%. Pada skenario 1 aset Penyulang Operasi juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset Penyulang Operasi telah rusak dan tidak dapat dioperisikan lagi pada tahun 2027.



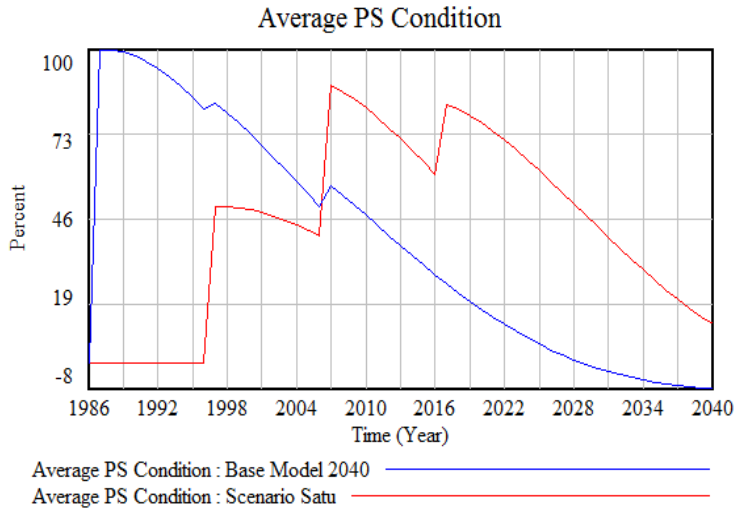
**Gambar 4.51 Hasil Skenario *Average Inc Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi *Inc* pada tahun 2026 sudah sangat kritis yakni 2% sedangkan pada skenario 1 kondisi *Inc* pada tahun 2026 masih berada diatas 61%. Pada skenario 1 aset *Inc* juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset *Inc* telah rusak dan tidak dapat dioperisikan lagi pada tahun 2027.



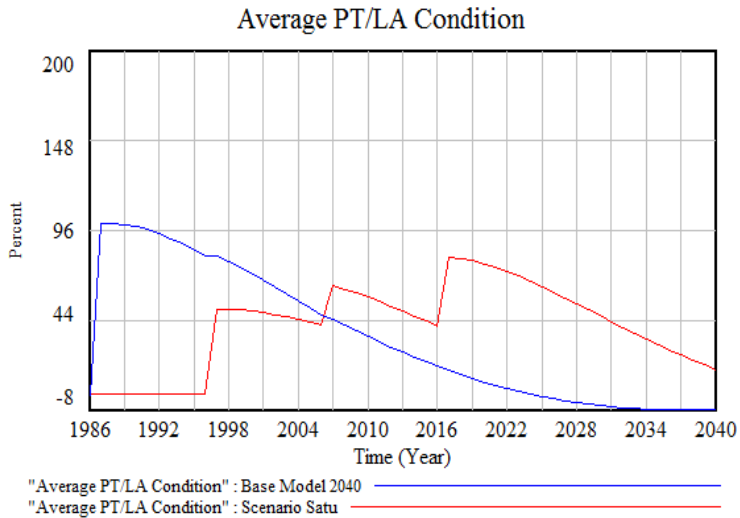
**Gambar 4.52 Hasil Skenario *Average Spare Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi *Spare* pada tahun 2025 sudah sangat kritis yakni 2% sedangkan pada skenario 1 kondisi *Spare* pada tahun 2025 masih berada diatas 60%. Pada skenario 1 aset *Spare* juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset *Spare* telah rusak dan tidak dapat dioperisikan lagi pada tahun 2026.



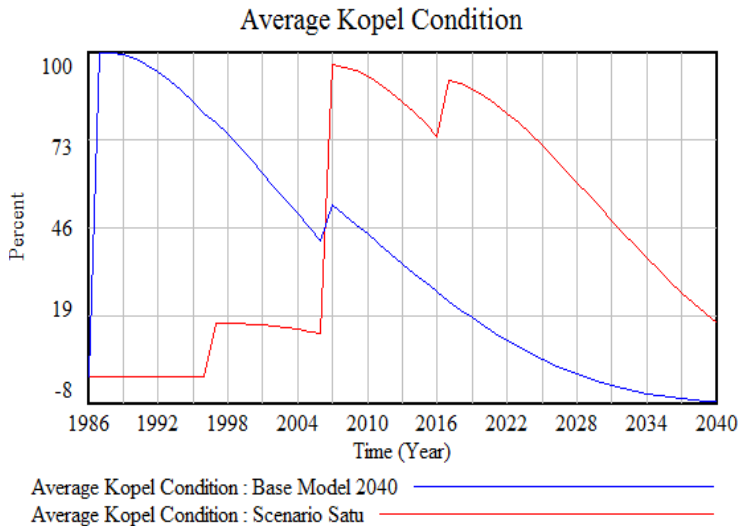
**Gambar 4.53 Hasil Skenario *Average PS Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi Trafo PS pada tahun 2028 sudah sangat kritis yakni 1% sedangkan pada skenario 1 kondisi Trafo PS pada tahun 2028 masih berada diatas 50%. Pada skenario 1 aset Trafo PS juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset Trafo PS telah rusak dan tidak dapat dioperisikan lagi pada tahun 2029.



**Gambar 4.54 Hasil Skenario *Average PT/LA Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2024 sudah sangat kritis yakni 1% sedangkan pada skenario 1 kondisi *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2024 masih berada diatas 66%. Pada skenario 1 aset *Potential Transformer/Light Arrester* juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset *Potential Transformer/Light Arrester* telah rusak dan tidak dapat dioperisikan lagi pada tahun 2025.



**Gambar 4.55 Hasil Skenario *Average Kopel Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* kondisi Kopel pada tahun 2027 sudah sangat kritis yakni 2% sedangkan pada skenario 1 kondisi Kopel pada tahun 2027 masih berada diatas 63%. Pada skenario 1 aset Kopel juga masih dapat terus beroperasi hingga tahun 2040 sedangkan pada *base model* aset Kopel telah rusak dan tidak dapat dioperasikan lagi pada tahun 2029.

#### 4.6.2.2. Skenario Struktur Penggantian Aset, Mengurangi Biaya Pemeliharaan Aset, dan Memastikan Durasi Penggunaan Aset

Skenario ini bertujuan untuk mengurangi biaya yang diperlukan dalam pemeliharaan aset dan memastikan durasi penggunaan aset dapat berlangsung lama. Pemeliharaan aset yang dilakukan oleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur terdiri atas tiga jenis

yakni *Shutdown Measurement*, *In Service Inspection*, dan *In Service Measurement*. Skenario ini berpengaruh terhadap durasi penggunaan aset dengan tujuan untuk memastikan aset tetap dapat digunakan dalam waktu yang lama. Dimana durasi penggunaan aset dipengaruhi oleh frekuensi pelaksanaan pemeliharaan aset terencana yang terdiri atas tiga jenis yakni *In Service Inspection*, *In Service Measurement*, dan *Shutdown Measurement*

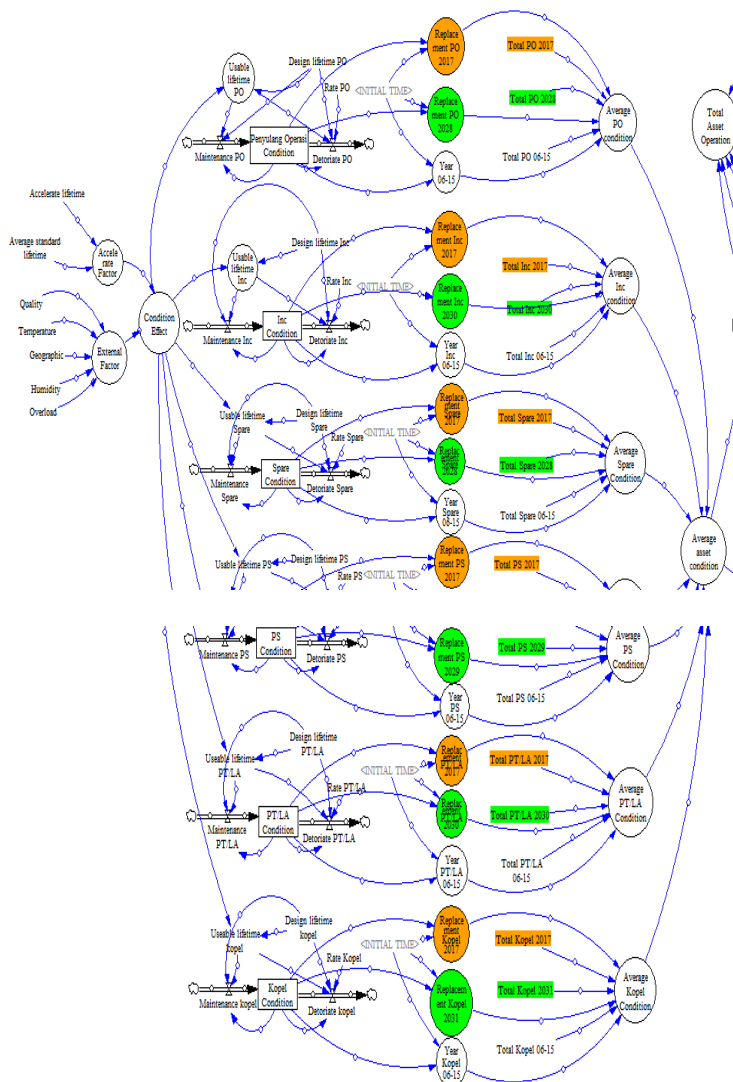
Rekomendasi terkait pemeliharaan aset yang dapat dilakukan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur agar dapat menurunkan biaya pemeliharaan aset adalah sebagai berikut:

1. Melakukan *replacement* aset kembali pada aset yang masih memiliki kondisi dibawah 50% pada aset yang telah dilakukan proses *replacement* sebelumnya yakni aset Penyulang Operasi pada tahun 2028, *Inc* pada tahun 2030, *Spare* pada tahun 2028, Trafo PS pada tahun 2029, *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2030, dan Kopel pada tahun 2031.
2. Melakukan pemasangan alat bernama *Partial Discharge Monitoring Sensor* pada masing-masing Gardu Induk yang sudah diterapkan di PLN APD untuk wilayah lain. Berdasarkan hasil wawancara implementasi alat ini di APD wilayah lain memastikan pemeliharaan aset menjadi lebih efisien dikarenakan adanya penghematan sumber daya manusia dan kondisi serta kualitas aset tetap terjaga dengan baik sebagai hasil dari pemeliharaan aset. Dengan adanya *Partial Discharge Monitoring Sensor* ini apabila terjadi masalah atau gangguan pada aset Gardu Induk, sistem sensor akan secara otomatis mengirimkan peringatan kepada pihak HAR 20KV selaku penanggung jawab

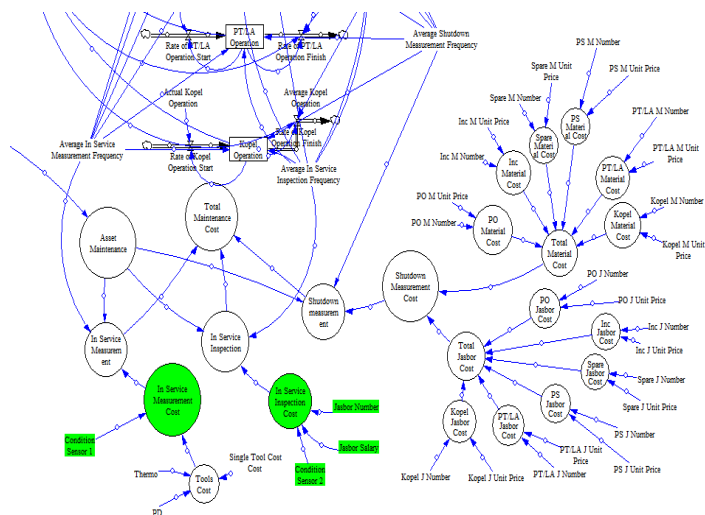
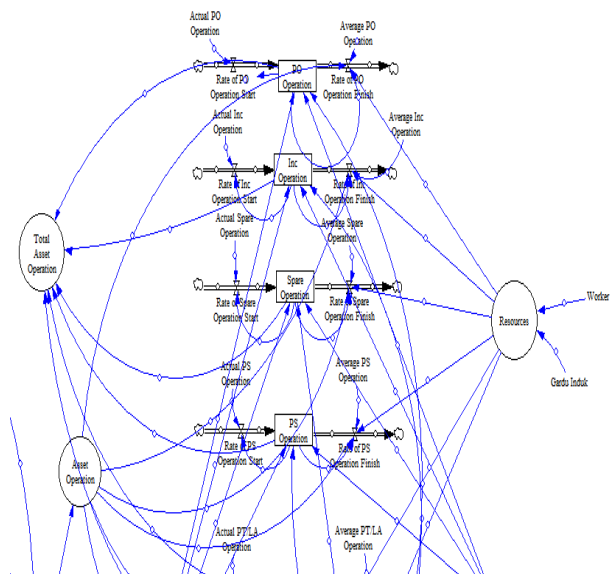


pemeliharaan aset bahwa ada aset yang mengalami masalah dan segera ditindaklanjuti dengan melakukan proses pemeliharaan aset. Dengan adanya alat ini juga memungkinkan pihak perusahaan untuk tidak perlu mengalokasikan empat orang pekerja untuk melaksanakan proses *In Service Inspection* dan *In Service Measurement* yang dilakukan sebanyak seratus tiga puluh lima kali setiap tahunnya dan memakan biaya yang cukup besar [16]. Pihak perusahaan hanya perlu mengeluarkan biaya untuk pengadaan dan pengoperasian *Partial Discharge Monitoring Sensor* sebesar Rp 50.000.000,- per tahun untuk lima Gardu Induk dan menyediakan dua orang pekerja untuk melakukan *maintenance* alat di Gardu Induk dengan biaya sebesar Rp 5.000.000,- per tahun untuk masing-masing pekerja. Perusahaan juga tidak perlu mengeluarkan biaya sewa kendaraan yang diperlukan untuk proses pemeliharaan *In Service Measurement*. Dimana pada kondisi *base model* biaya sewa kendaraan adalah Rp 1.000.000,- per inspeksi untuk lima Gardu Induk, sedangkan pada skenario dua biaya sewa kendaraan dapat dihapuskan berkat adanya alat *Partial Discharge Monitoring Sensor*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**Gambar 4.56 Skenario Struktur Replacement Aset dan Pemasangan Alat Sensor**



### 1. *Replacement PO 2028*

Variabel *Replacement PO 2028* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2017.

**Tabel 4.70 Persamaan *Replacement PO 2028***

Variabel	Persamaan
Replacement PO 2028	DELAY INFORMATION (Penyulang Operasi Condition,2028-INITIAL TIME,0)

### 2. *Total PO 2028*

Variabel *Total PO 2028* merupakan variabel jumlah Penyulang Operasi yang akan dipasang pada tahun 2028.

**Tabel 4.71 Persamaan *Total PO 2028***

Variabel	Persamaan
Total PO 2017	25

### 3. *Average PO Condition*

Variabel *Average PO Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Penyulang Operasi setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.72 Persamaan *Average PO Condition***

Variabel	Persamaan
Average PO Condition	$\frac{((\text{Replacement PO 2017} * \text{Total PO 2017}) + (\text{Replacement PO 2028} * \text{Total PO 2028}) + ("Year 06-15" * "Total PO 06-15"))}{("Total PO 06-15" + (IF THEN ELSE(\text{Replacement PO 2017} = 0, 0, \text{Total PO 06-15})))}$

Variabel	Persamaan
	2017)))+(IF THEN ELSE(Replacement PO 2028=0,0,Replacement PO 2028)))

#### 4. *Replacement Inc 2030*

Variabel *Replacement Inc 2030* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2030.

**Tabel 4.73 Persamaan *Replacement Inc 2030***

Variabel	Persamaan
Replacement Inc 2028	DELAY INFORMATION (Inc Condition,2030-INITIAL TIME,0)

#### 5. *Total Inc 2030*

Variabel *Total Inc 2030* merupakan variabel jumlah *Inc* yang akan dipasang pada tahun 2030.

**Tabel 4.74 Persamaan *Total Inc 2030***

Variabel	Persamaan
Total Inc 2030	2

#### 6. *Average Inc Condition*

Variabel *Average Inc Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Inc* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.75 Persamaan *Average Inc Condition***

Variabel	Persamaan
Average Inc Condition	$\frac{((\text{Replacement Inc 2017} * \text{Total Inc 2017}) + (\text{Replacement Inc 2030} * \text{Total Inc 2030}) + ("Year Inc 06-15" * "Total Inc 06-15"))}{("Total Inc 06-15" + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Inc 2017} = 0, 0, \text{Total Inc 2017})) + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Inc 2030} = 0, 0, \text{Total Inc 2030})))}$

### 7. *Replacement Spare 2028*

Variabel *Replacement Spare 2028* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2028.

**Tabel 4.76 Persamaan *Replacement Spare 2028***

Variabel	Persamaan
Replacement Spare 2028	$\text{DELAY INFORMATION (Spare Condition, 2028 - INITIAL TIME, 0)}$

### 8. *Total Spare 2028*

Variabel *Total Spare 2028* merupakan variabel jumlah *Spare* yang akan dipasang pada tahun 2028.

**Tabel 4.77 Persamaan *Total Spare 2028***

Variabel	Persamaan
Total Spare 2028	2

### 9. *Average Spare Condition*

Variabel *Average Spare Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Spare* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.78 Persamaan *Average Spare Condition***

Variabel	Persamaan
Average Spare Condition	$\frac{((\text{Replacement Spare 2017} * \text{Total Spare 2017}) + (\text{Replacement Spare 2028} * \text{Total Spare 2028}) + (\text{"Year Spare 06-15"} * \text{"Total Spare 06-15"}))}{(\text{"Total Spare 06-15"} + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Spare 2017} = 0, 0, \text{Total Spare 2017})) + (\text{IF THEN ELSE}(\text{Replacement Spare 2028} = 0, 0, \text{Total Spare 2028})))}$

### 10. *Replacement PS 2029*

Variabel *Replacement PS 2029* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2029.

**Tabel 4.79 Persamaan *Replacement PS 2029***

Variabel	Persamaan
Replacement PS 2029	$\frac{\text{DELAY INFORMATION (PS Condition, 2029 - INITIAL TIME, 0)}}{1}$

### 11. *Total PS 2029*

Variabel *Total PS 2029* merupakan variabel jumlah Trafo PS yang akan dipasang pada tahun 2029.



**Tabel 4.80 Persamaan *Total PS 2029***

Variabel	Persamaan
Total PS 2029	2

### 12. *Average PS Condition*

Variabel *Average PS Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset Trafo PS setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.81 Persamaan *Average PS Condition***

Variabel	Persamaan
Average PS Condition	$\frac{(("Replacement\ PT/LA\ 2017" * "Total\ PT/LA\ 2017") + ("Replacement\ PT/LA\ 2030" * "Total\ PT/LA\ 2030") + ("Year\ PT/LA\ 06-15" + "Total\ PT/LA\ 06-15"))}{("Total\ PT/LA\ 06-15" + (IF\ THEN\ ELSE("Replacement\ PT/LA\ 2017" = 0, 0, "Total\ PT/LA\ 2017")) + (IF\ THEN\ ELSE("Replacement\ PT/LA\ 2030" = 0, 0, "Total\ PT/LA\ 2030")))}$

### 13. *Replacement PT/LA 2030*

Variabel *Replacement PT/LA 2030* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2030.

**Tabel 4.82 Persamaan *Replacement PT/LA 2030***

Variabel	Persamaan
Replacement PT/LA 2030	DELAY INFORMATION ("PT/LA Condition", 2030 - INITIAL TIME, 0)

#### 14. *Total PT/LA 2030*

Variabel *Total PT/LA 2030* merupakan variabel jumlah *Potential Transformer/Light Arrester* yang akan dipasang pada tahun 2030.

**Tabel 4.83 Persamaan *Total PT/LA 2030***

Variabel	Persamaan
Total PT/LA 2030	2

#### 15. *Average PT/LA Condition*

Variabel *PT/LA Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.84 Persamaan *Average PT/LA Condition***

Variabel	Persamaan
Average PT/LA Condition	$\frac{(("Replacement\ PT/LA\ 2017" * "Total\ PT/LA\ 2017") + ("Replacement\ PT/LA\ 2030" * "Total\ PT/LA\ 2030") + ("Year\ PT/LA\ 06-15" + "Total\ PT/LA\ 06-15"))}{("Total\ PT/LA\ 06-15" + (IF\ THEN\ ELSE("Replacement\ PT/LA\ 2017" = 0, 0, "Total\ PT/LA\ 2017")) + (IF\ THEN\ ELSE("Replacement\ PT/LA\ 2030" = 0, 0, "Total\ PT/LA\ 2030"))))}$

### 16. *Replacement Kopel 2031*

Variabel *Replacement Kopel 2031* merupakan variabel persentase kondisi aset pada saat dilakukan pemasangan aset baru pada tahun 2031.

**Tabel 4.85 Persamaan *Replacement Kopel 2031***

Variabel	Persamaan
Replacement Kopel 2031	DELAY INFORMATION (Kopel Condition,2031-INITIAL TIME,0)

### 17. *Total Kopel 2031*

Variabel *Total Kopel 2031* merupakan variabel jumlah *Kopel* yang akan dipasang pada tahun 2031.

**Tabel 4.86 Persamaan *Total Kopel 2031***

Variabel	Persamaan
Total Kopel 2031	1

### 18. *Average Kopel Condition*

Variabel *Kopel Condition* merupakan variabel rata-rata kondisi aset *Kopel* setelah dilakukan pemasangan aset baru.

**Tabel 4.87 Persamaan *Average Kopel Condition***

Variabel	Persamaan
Average Kopel Condition	((Replacement Kopel 2017*Total Kopel 2017)+(Replacement Kopel 2031*Total Kopel 2031)+("Year Kopel 06-15"*"Total Kopel 06- 15"))/ ("Total Kopel 06-15"+(IF THEN ELSE(Replacement Kopel 2017=0,0,Total

	Kopel 2017)))+(IF THEN ELSE(Replacement Kopel 2031=0,0,Total Kopel 2031)))
--	---

### 19. *Condition Sensor 1*

Variabel *Condition Sensor 1* merupakan variabel pemasangan alat *Partial Discharge Monitoring Sensor* pada Gardu Induk untuk proses *In Service Measurement*. Dimana harga pengadaan dan pengoperasian alat sensor adalah sebesar Rp 50.000.000,- untuk setiap Gardu Induk. Dalam satu tahun proses *In Service Measurement* dan *In Service Inspection* dilakukan sebanyak 135 kali sehingga harga alat *Partial Discharge Monitoring Sensor* untuk satu kali proses *In Service Measurement* dikalkulasikan menjadi Rp 925.000,-.

**Tabel 4.88 Persamaan *Condition Sensor 1***

Variabel	Persamaan
Condition Sensor 1	925000 (Rupiah)

### 20. *Condition Sensor 2*

Variabel *Condition Sensor 2* merupakan variabel pemasangan alat *Partial Discharge Monitoring Sensor* pada Gardu Induk untuk proses *In Service Inspection*. Dimana harga pengadaan dan pengoperasian alat sensor adalah sebesar Rp 50.000.000,- untuk setiap Gardu Induk. Dalam satu tahun proses *In Service Measurement* dan *In Service Inspection* dilakukan sebanyak 135 kali sehingga harga alat *Partial Discharge Monitoring Sensor* untuk satu kali proses *In Service Inspection* dikalkulasikan menjadi Rp 925.000,-.

**Tabel 4.89 Persamaan *Condition Sensor 2***

Variabel	Persamaan
Condition Sensor 2	925000 (Rupiah)

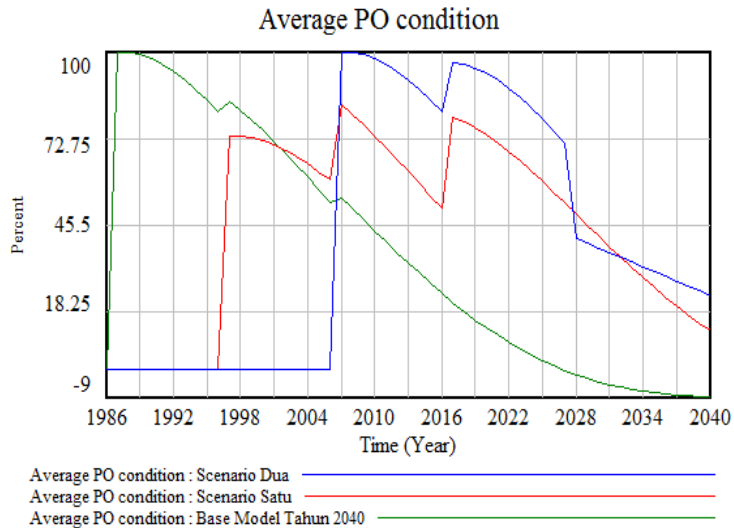
### 21. *Jasbor Number* dan *Jasbor Salary*

Variabel *Jasbor Number* dan *Jasbor Salary* merupakan variabel untuk biaya pekerja yang bertugas untuk melakukan pengoperasian alat *Partial Discharge Monitoring Sensor* di Gardu Induk. *Jasbor Number* menunjukkan jumlah pekerja yang mengoperasikan alat sedangkan *Jasbor Salary* merupakan biaya pekerja per tahunnya.

**Tabel 4.90 Persamaan *Jasbor Number* dan *Jasbor Salary***

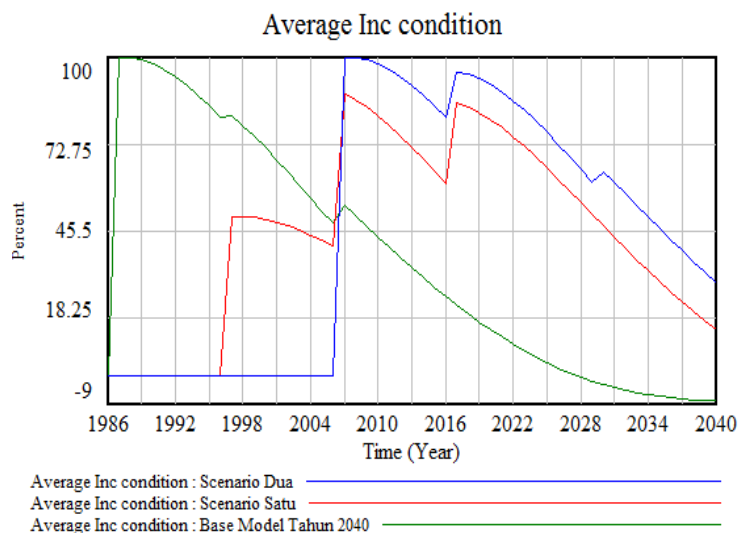
Variabel	Persamaan
Jasbor Number	2
Jasbor Salary	5000000

Setelah dilakukan penambahan variabel dan perumusan selanjutnya skenario dapat dijalankan. Hasil yang didapatkan dari skenario ini dibandingkan dengan *base model* dan memberikan pengaruh kepada kondisi aset, biaya pemeliharaan aset, dan durasi penggunaan aset Gardu Induk PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.



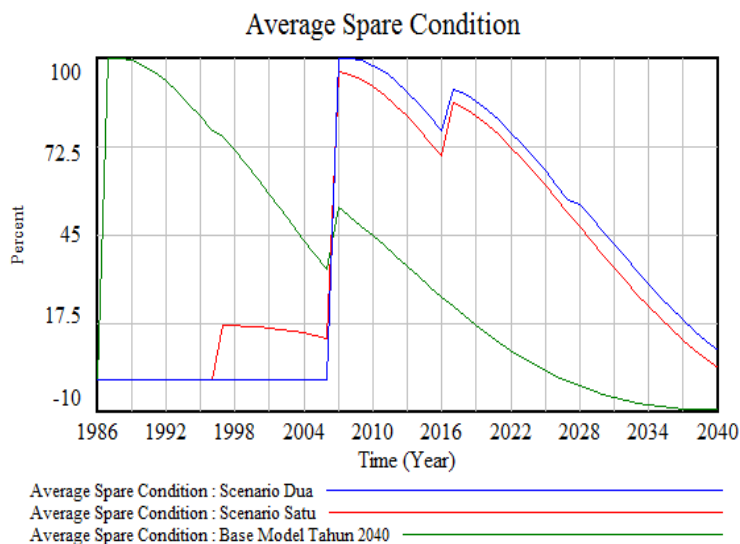
**Gambar 4.57 Hasil Skenario *Average PO Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi Penyulang Operasi pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset Penyulang Operasi pada tahun 2028 sudah berada di angka 48% sehingga dilakukan replacement pada skenario dua.



**Gambar 4.58 Hasil Skenario *Average Inc Condition***

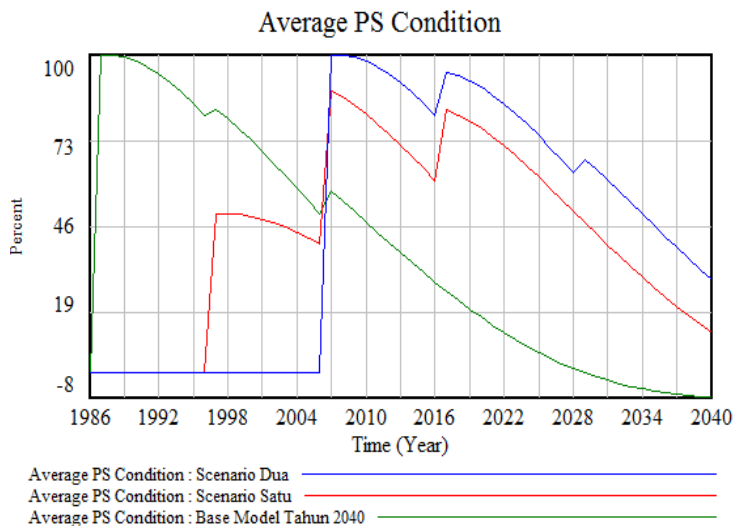
Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi *Inc* pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset *Inc* pada tahun 2030 sudah berada di angka 47% sehingga dilakukan *replacement* pada skenario dua.



**Gambar 4.59 Hasil Skenario *Average Spare Condition***

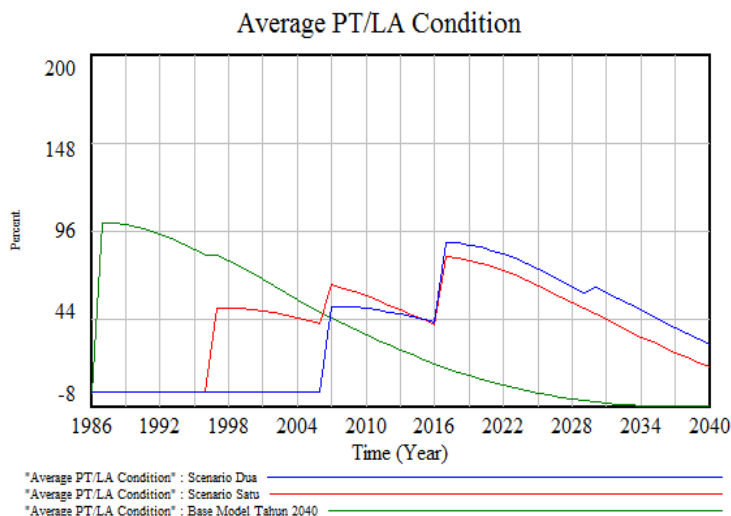
Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi *Spare* pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset *Spare* pada tahun 2028 sudah berada di angka 47% sehingga dilakukan *replacement* pada skenario dua.





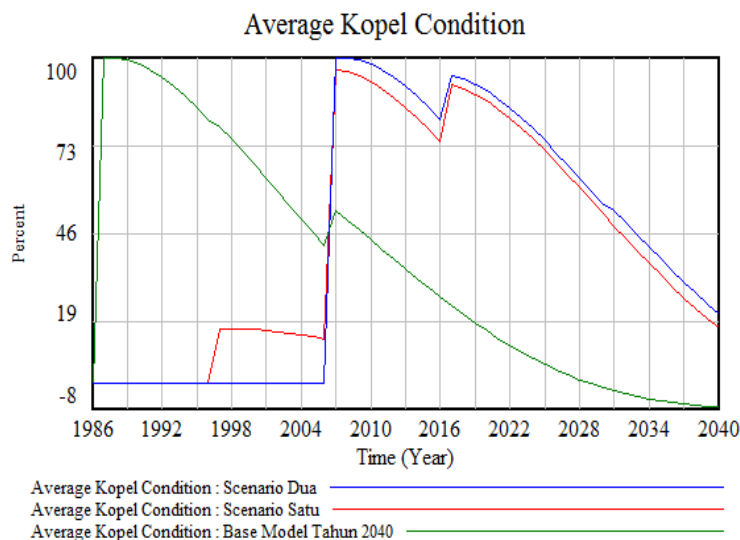
**Gambar 4.60 Hasil Skenario *Average PS Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi Trafo PS pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset Trafo PS pada tahun 2029 sudah berada di angka 47% sehingga dilakukan *replacement* pada skenario dua.



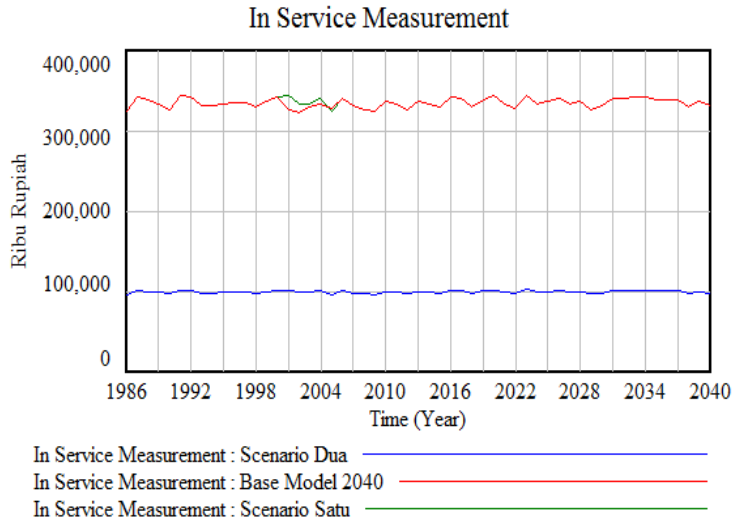
**Gambar 4.61 Hasil Skenario *Average PT/LA Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi *Potential Transformer/Light Arrester* pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2030 sudah berada di angka 46% sehingga dilakukan *replacement* pada skenario dua.



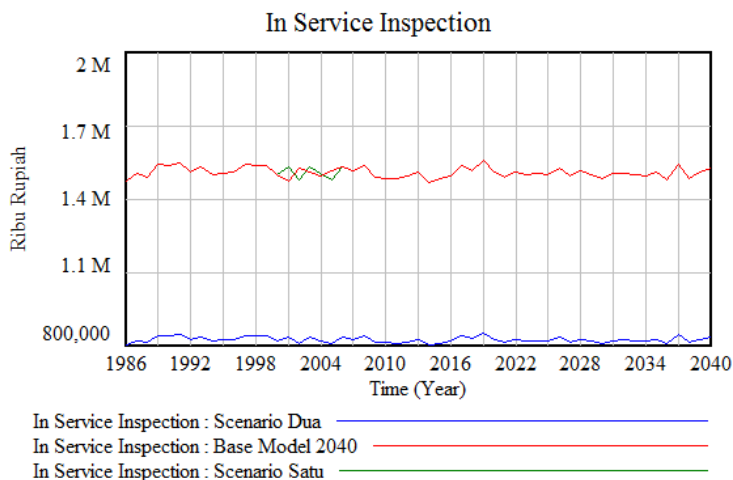
**Gambar 4.62 Hasil Skenario *Average Kopel Condition***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat kondisi Kopel pada skenario dua dapat meningkat kembali dibandingkan dengan *base model* dan skenario satu. Dimana pada skenario satu kondisi aset Kopel pada tahun 2031 sudah berada di angka 48% sehingga dilakukan *replacement* pada skenario dua.



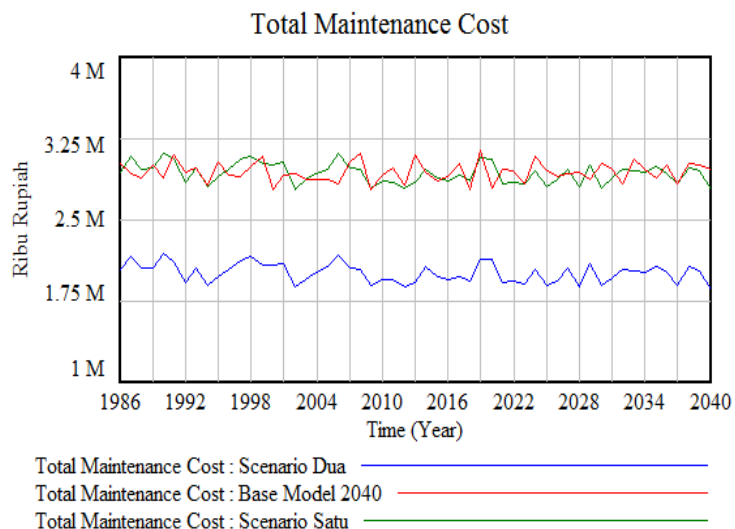
**Gambar 4.63 Hasil Skenario *In Service Measurement Cost***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* biaya *In Service Measurement* berada di kisaran Rp 320.000.000- hingga Rp 340.000.000,- per tahun dan sedangkan pada skenario 2 biaya *In Service Measurement* berada di kisaran Rp 95.000.000,- hingga Rp 100.000.000,- per tahun atau mengalami penurunan sekitar 70%.



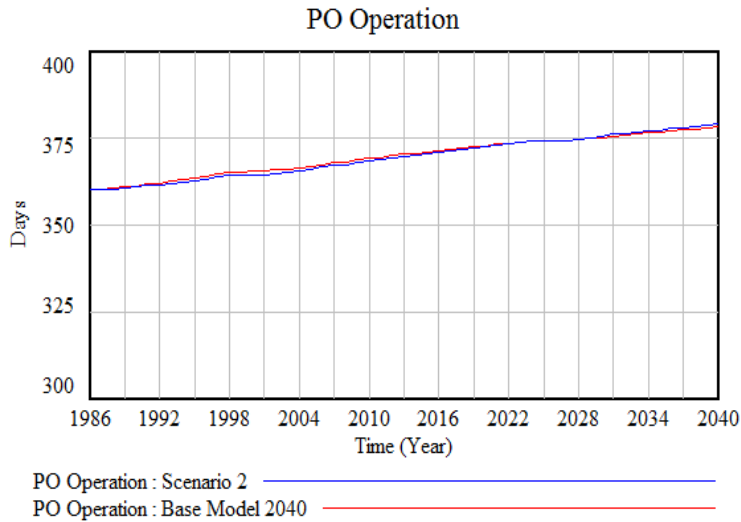
**Gambar 4.64 Hasil Skenario *In Service Inspection* Cost**

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* biaya *In Service Inspection* berada di kisaran Rp 1.500.000.000,- per tahun dan sedangkan pada skenario 2 biaya *In Service Inspection* berada di kisaran Rp 800.000.000,- per tahun atau mengalami penurunan sekitar 45%.



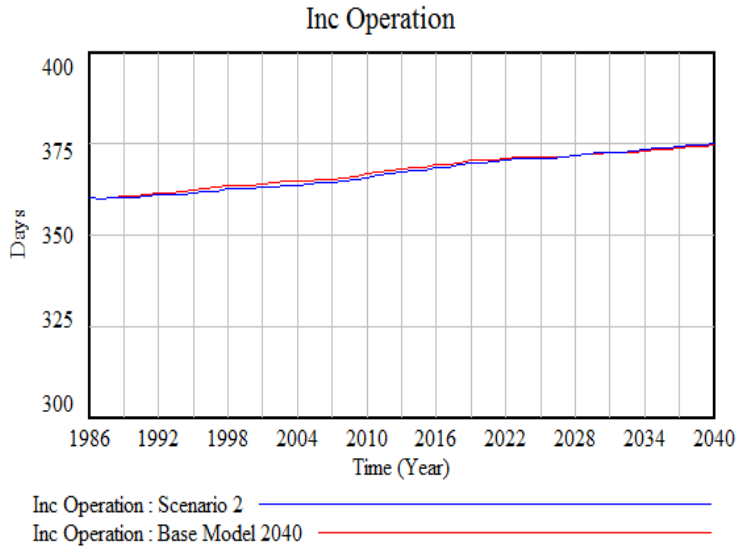
**Gambar 4.65 Hasil Skenario *Total Maintenance Cost***

Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada *base model* biaya keseluruhan pemeliharaan aset berada di kisaran Rp 2.800.000.000,- hingga Rp 3.000.000.000,- per tahun dan sedangkan pada skenario 2 biaya keseluruhan pemeliharaan aset berada di kisaran Rp 1.800.000.000,- hingga Rp 2.000.000.000,- per tahun atau mengalami penurunan hingga 34%.



**Gambar 4.66 Hasil Skenario *PO Operation***

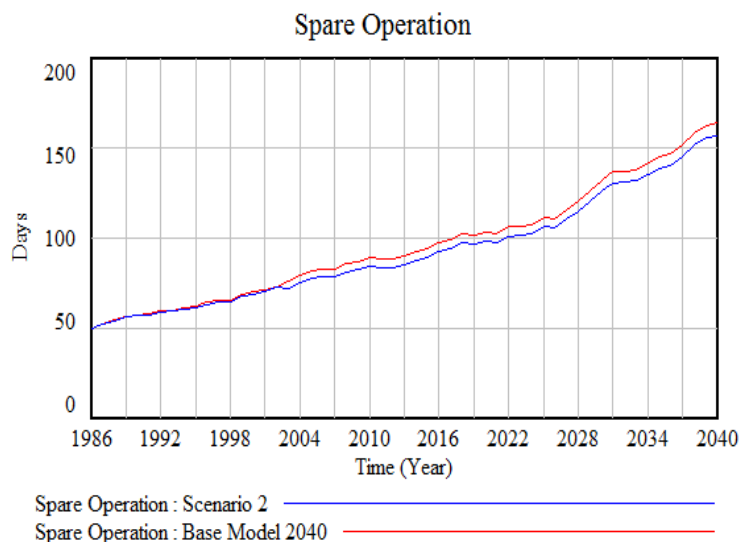
Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan Penyulang Operasi tetap meningkat dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan antara *base model* dan skenario 2 durasi penggunaan aset Penyulang Operasi dari tahun ke tahun berada di kisaran waktu yang sama bahkan dari tahun 2024 terus mengalami peningkatan durasi penggunaan hingga tahun 2040 dibandingkan dengan durasi pada *base model*.



**Gambar 4.67 Hasil Skenario *Inc Operation***

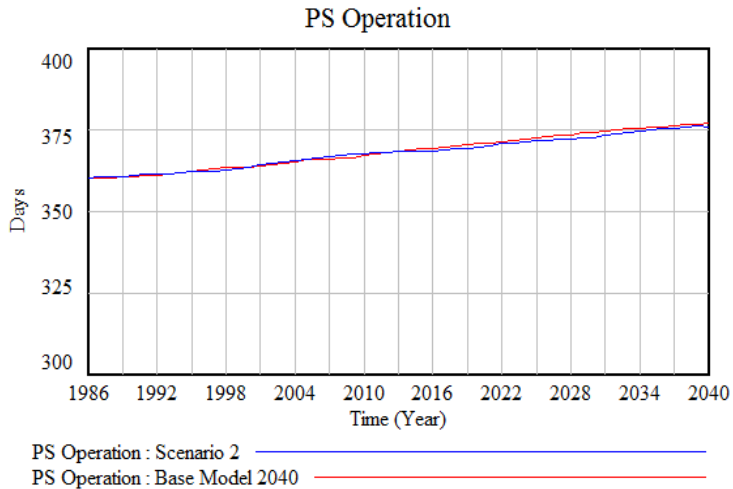
Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan *Inc* tetap meningkat dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan antara *base model* dan skenario 2 durasi penggunaan aset *Inc* dari tahun ke tahun berada di kisaran waktu yang sama bahkan dari tahun 2017 terus mengalami peningkatan durasi penggunaan hingga tahun 2040 dibandingkan dengan durasi pada *base model*.





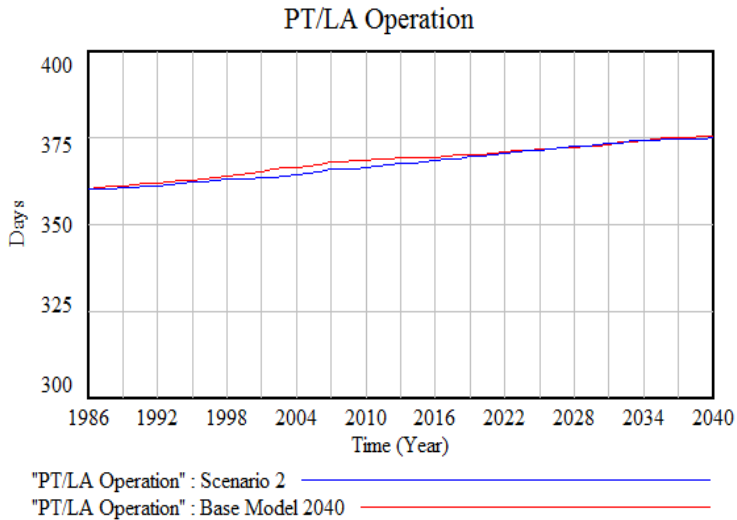
**Gambar 4.68 Hasil Skenario *Spare Operation***

Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan *Spare* tetap meningkat dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada skenario 2 durasi penggunaan aset *Spare* dari tahun ke tahun berada di kisaran waktu yang hampir sama dibandingkan *base model*.



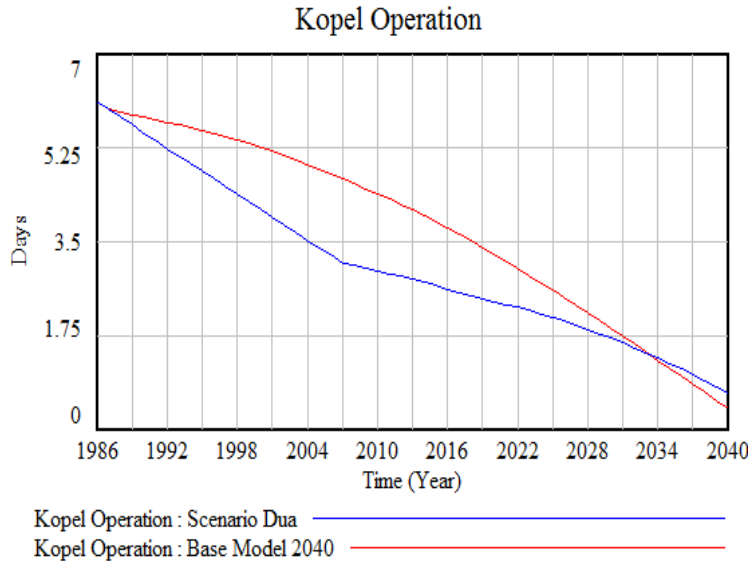
**Gambar 4.69 Hasil Skenario *PS Operation***

Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan Trafo PS tetap meningkat dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan antara *base model* dan skenario 2 durasi penggunaan aset Trafo PS dari tahun ke tahun berada di kisaran waktu yang sama dan terus mengalami peningkatan durasi setiap tahunnya.



**Gambar 4.70 Hasil Skenario *PT/LA Operation***

Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan *Potential Transformer/Light Arrester* tetap meningkat dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan antara *base model* dan skenario 2 durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun ke tahun berada di kisaran waktu yang sama dan terus mengalami peningkatan durasi setiap tahunnya.



**Gambar 4.71 Hasil Skenario *Kopel Operation***

Pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur ingin memastikan durasi penggunaan *Kopel* tetap menurun dari tahun ke tahun. Simulasi skenario dilakukan sampai tahun 2040 dan dapat dilihat dari perbandingan pada skenario 2 durasi penggunaan aset *Kopel* lebih sedikit dibandingkan durasi penggunaan pada *base model*.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB 5 ANALISA HASIL DAN PENGEMBANGAN DASHBOARD**

Pada bab lima ini akan dilakukan analisa hasil yang diperoleh dari tahapan skenariosasi serta pengembangan *dashboard* agar hasil dari pemodelan dan simulasi menjadi lebih informatif dan lebih mudah dipahami pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur untuk melakukan pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan penggunaan aset Gardu Induk.

### **5.1. Analisa Hasil**

Pada tahapan analisa hasil akan dilakukan analisa terhadap hasil yang telah didapatkan dari pembuatan dua skenario simulasi. Berikut ini merupakan skenario struktur yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir:

1. Skenario 1 – melakukan *replacement* aset pada kondisi aset yang memiliki persentase dibawah 50% untuk aset Penyulang Operasi, *Inc*, *Spare*, Trafo PS, *Potential Transformer/Light Arrester*, dan Kopel di tahun 2017.
2. Skenario 2 – melakukan pemasangan alat bernama *Partial Discharge Monitoring Sensor* di masing-masing Gardu Induk.

Berdasarkan dua skenario yang telah dibuat, hasil yang diperoleh dari proses simulasi kemudian dianalisa untuk mempelajari kondisi yang dapat terjadi di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur apabila menerapkan skenario tersebut dalam proses pemeliharaan dan penggunaan aset.

**Tabel 5.1 Analisa Hasil Kondisi Penyulang Operasi**

Tahun	Analisa Hasil Penyulang Operasi (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	79.3778	96.7931
2018	77.8824	96.1644
2019	75.9997	94.9931
2020	73.7787	93.2886
2021	71.2695	91.1122
2022	68.5055	88.5527
2023	65.5392	85.576
2024	62.4063	82.3254
2025	59.1435	78.8212
2026	55.785	75.1107
2027	52.3625	71.2383
2028	48.905	41.2379
2029	45.4391	39.7527
2030	41.9892	38.2141
2031	38.5769	36.7009
2032	35.222	35.2038
2033	31.9417	33.7148
2034	28.7513	32.2275
2035	25.6639	30.736
2036	22.6909	29.2355
2037	19.8416	27.7219
2038	17.1238	26.1915
2039	15.5436	24.6415
2040	12.1056	23.0696

Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset Penyulang Operasi pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.2 Analisa Hasil Kondisi *Inc***

Tahun	Analisa Hasil Inc (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	85.4668	95.4347
2018	84.1604	94.6302
2019	82.4607	93.2608
2020	80.2593	91.3884
2021	77.7694	89.0727
2022	74.9858	86.3706
2023	71.9547	83.3363
2024	68.7196	80.0215
2025	65.3215	75.4746
2026	61.7985	72.7413
2027	58.1861	68.8643
2028	54.5171	64.883
2029	50.8215	60.8342
2030	47.1268	63.9597
2031	43.458	60.5549
2032	39.8373	57.0581
2033	36.2849	53.5015
2034	32.8183	49.9148
2035	29.4531	46.3249
2036	26.2024	42.7565
2037	23.0776	39.2317
2038	20.0882	35.7703
2039	17.2416	32.3897
2040	14.5439	29.1053



Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset *Inc* pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.3 Analisa Hasil Kondisi *Spare***

Tahun	Analisa Hasil Spare (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	85.9504	90.281
2018	84.0959	88.5891
2019	81.7259	86.338
2020	78.9173	83.5852
2021	75.7231	80.4109
2022	72.208	76.8759
2023	68.43	73.0418
2024	64.4438	68.9673
2025	60.301	64.7076
2026	56.0495	60.3142
2027	51.7339	55.8351
2028	47.395	54.4602
2029	43.0703	50.3401
2030	38.7934	46.0992
2031	34.5947	41.874
2032	30.5012	37.6972
2033	26.5362	33.5893
2034	22.7203	29.6034
2035	19.0706	25.7353
2036	15.6015	22.0139
2037	12.3246	18.4557
2038	9.2488	15.0748

Tahun	Analisa Hasil Spare (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2039	6.38056	11.8822
2040	3.7241	8.88653

Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset *Spare* pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.4 Analisa Hasil Kondisi Trafo PS**

Tahun	Analisa Hasil PS (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	82.5602	94.2934
2018	80.9925	93.2877
2019	79.0233	91.745
2020	76.7034	89.7258
2021	74.0811	87.2881
2022	71.2024	84.4874
2023	68.1106	81.3766
2024	64.8465	78.0056
2025	61.4483	74.4214
2026	57.9514	70.6681
2027	54.3886	66.787
2028	50.7903	62.8161
2029	47.1841	67.0325
2030	43.595	63.7944
2031	40.0458	60.4268
2032	36.5567	56.9646
2033	33.1457	53.44
2034	29.8286	49.8827

Tahun	Analisa Hasil PS (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2035	26.6191	46.3198
2036	23.5289	42.7758
2037	20.5677	39.2731
2038	17.7435	35.8313
2039	15.0626	32.4682
2040	12.5299	29.1991

Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset Trafo PS pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.5 Analisa Hasil Kondisi PT/LA**

Tahun	Analisa Hasil PT/LA (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	80.8022	89.0158
2018	79.9057	88.6501
2019	78.5535	87.7203
2020	76.7973	86.2852
2021	74.6866	84.4017
2022	72.2686	82.1244
2023	69.5885	79.5052
2024	66.6888	76.594
2025	63.6095	73.4374
2026	60.3882	70.0798
2027	57.06	66.5626
2028	53.6573	62.9245
2029	50.21	59.2013
2030	46.7457	62.2837

Tahun	Analisa Hasil PT/LA (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2031	43.2894	69.0711
2032	39.8636	55.7597
2033	36.4887	52.381
2034	33.1828	48.9641
2035	29.9618	45.5358
2036	26.8396	42.1203
2037	23.828	38.7394
2038	20.9371	35.4129
2039	18.1752	32.1581
2040	15.549	28.9903

Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.6 Analisa Hasil Kondisi Kopel**

Tahun	Analisa Hasil Kopel (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	91.4998	94.2934
2018	90.3603	93.2877
2019	88.716	91.745
2020	86.6252	89.7258
2021	84.1436	87.2881
2022	81.3243	84.4874
2023	78.218	81.3766
2024	74.8725	78.0056

Tahun	Analisa Hasil Kopel (Persen)	
	Skenario 1	Skenario 2
2025	71.3326	74.4214
2026	67.6403	70.6681
2027	63.835	66.787
2028	69.9528	62.8161
2029	56.0272	58.7906
2030	52.0887	54.743
2031	48.1652	53.0501
2032	44.2819	49.2343
2033	40.4612	45.4414
2034	36.7321	41.6949
2035	33.0853	38.0157
2036	29.5629	34.4225
2037	26.169	30.9316
2038	22.9146	27.557
2039	19.8087	24.3107
2040	16.8584	21.2027

Hasil simulasi skenario menunjukkan kondisi aset Kopel pada skenario satu dan skenario dua mengalami peningkatan dan aset dapat terus beroperasi hingga tahun 2040.

**Tabel 5.7 Analisa Hasil Biaya *In Service Inspection***

Tahun	Analisa Hasil In Service Inspection (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	1536190000	839144000
2018	1515320000	827746000
2019	1556880000	850443000

Tahun	Analisa Hasil In Service Inspection (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2020	1508660000	824106000
2021	1490450000	814158000
2022	1508210000	823862000
2023	1501450000	820167000
2024	1502900000	820958000
2025	1501650000	820277000
2026	1527660000	834483000
2027	1492130000	815078000
2028	1513360000	826672000
2029	1501570000	820230000
2030	1483150000	810073000
2031	1502010000	820474000
2032	1503830000	821446000
2033	1501290000	820082000
2034	1494400000	816316000
2035	1509180000	824392000
2036	1477680000	807182000
2037	1544190000	843512000
2038	1485420000	811412000
2039	1509200000	824938000
2040	1526960000	834102000

Hasil simulasi skenario menunjukkan biaya *In Service Inspection* pada skenario dua mengalami penurunan dibandingkan dengan biaya pada skenario satu.

**Tabel 5.8 Analisa Hasil Biaya *In Service Measurement***

Tahun	Analisa Hasil In Service Measurement (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	339680000	100399000
2018	285990000	97220200
2019	338180000	100055000
2020	342955000	101468000
2021	333033000	98532300
2022	328226000	97110000
2023	343971000	101768000
2024	332251000	98300900
2025	337205000	99766500
2026	339735000	100515000
2027	333005000	98524100
2028	335915000	99385000
2029	326316000	96545000
2030	330516000	97787400
2031	340320000	100688000
2032	340463000	100730000
2033	341093000	100917000
2034	342308000	101276000
2035	338455000	100136000
2036	339056000	100314000
2037	339020000	100304000
2038	329163000	97387300

Tahun	Analisa Hasil In Service Measurement (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2039	337354000	99810600
2040	331521000	98084900

Hasil simulasi skenario menunjukkan biaya *In Service Measurement* pada skenario dua mengalami penurunan dibandingkan dengan biaya pada skenario satu.

**Tabel 5.9 Analisa Hasil *Total Maintenance Cost***

Tahun	Analisa Hasil Total Maintenance Cost (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	2906430000	1970200000
2018	2848340000	1929380000
2019	3072930000	2128380000
2020	3056590000	2130540000
2021	2825840000	1915050000
2022	2843410000	1927940000
2023	2829340000	1905860000
2024	2955060000	2039170000
2025	2806700000	1887930000
2026	2869520000	1937120000
2027	2963040000	2051500000
2028	2802230000	1879010000
2029	3000670000	2089570000
2030	2791900000	1886190000
2031	2878800000	1957630000
2032	2961140000	2039050000
2033	2950300000	2028970000



Tahun	Analisa Hasil Total Maintenance Cost (Rupiah)	
	Skenario 1	Skenario 2
2034	2932370000	2013250000
2035	2985090000	2061980000
2036	2919570000	2010340000
2037	2830250000	1890860000
2038	2972900000	2067130000
2039	2949840000	2027500000
2040	2779330000	1853030000

Hasil simulasi skenario menunjukkan biaya keseluruhan pemeliharaan aset pada skenario dua mengalami penurunan dibandingkan dengan biaya pada skenario satu.

**Tabel 5.10 Analisa Hasil Penggunaan Penyulang Operasi**

Tahun	Analisa Hasil Penyulang Operasi (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	371.537	371.244
2018	371.695	371.142
2019	372.17	371.895
2020	372.438	372.193
2021	373.106	372.581
2022	373.424	373.179
2023	373.899	373.664
2024	374.257	374.032
2025	374.386	374.021
2026	374.836	374.181
2027	374.437	374.242
2028	374.446	374.59

Tahun	Analisa Hasil Penyulang Operasi (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2029	375.527	375.117
2030	375.471	375.471
2031	375.985	375.985
2032	376.246	376.246
2033	376.712	376.712
2034	377.061	377.061
2035	377.219	377.219
2036	377.294	377.794
2037	378.034	378.304
2038	379.399	378.313
2039	378.609	378.609
2040	379.093	379.073

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset Penyulang Operasi pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan berada diatas 360 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

**Tabel 5.11 Analisa Hasil Penggunaan Inc**

Tahun	Analisa Hasil Inc (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	368.642	368.351
2018	369.304	369.201
2019	369.906	369.632
2020	369.896	369.632
2021	370.916	369.942
2022	370.45	370.206
2023	370.916	370.682

Tahun	Analisa Hasil Inc (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2024	370.985	370.761
2025	371.135	370.921
2026	371.159	370.956
2027	371.415	371.221
2028	371.99	371.806
2029	372.297	372.118
2030	372.448	372.276
2031	372.6	372.437
2032	372.749	372.597
2033	372.955	372.814
2034	373.439	373.309
2035	373.934	373.315
2036	373.897	373.79
2037	374.155	374.059
2038	374.507	374.423
2039	374.846	374.773
2040	375.217	375.155

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset *Inc* pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan berada diatas 360 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

**Tabel 5.12 Analisa Hasil Penggunaan *Spare***

Tahun	Analisa Hasil Spare (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	94.3585	93.9522
2018	97.3941	96.9835

Tahun	Analisa Hasil Spare (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2019	96.2803	95.8837
2020	98.2227	97.8277
2021	97.449	97.067
2022	101.087	100.701
2023	101.822	101.443
2024	102.623	102.251
2025	106.426	106.051
2026	105.719	105.536
2027	110.666	110.295
2028	114.92	114.545
2029	120.515	120.127
2030	126.183	125.784
2031	130.699	130.294
2032	130.954	130.599
2033	131.825	131.438
2034	135.462	135.075
2035	138.825	138.44
2036	140.201	139.423
2037	145.502	144.673
2038	151.7	151.314
2039	155.648	155.263
2040	157.072	156.694

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset *Spare* pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami

peningkatan dari tahun ke tahun dan berada diatas 50 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

**Tabel 5.13 Analisa Hasil Penggunaan Trafo PS**

Tahun	Analisa Hasil PS (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	368.997	368.706
2018	369.376	369.094
2019	369.453	369.18
2020	369.632	369.369
2021	370.242	369.989
2022	370.803	370.56
2023	371.061	370.827
2024	371.222	370.999
2025	371.717	371.504
2026	371.819	371.616
2027	372.252	372.059
2028	372.288	372.105
2029	372.529	372.351
2030	372.793	372.622
2031	373.348	373.186
2032	373.904	373.753
2033	374.191	374.051
2034	374.504	374.374
2035	374.926	374.808
2036	375.386	375.279
2037	375.403	375.307
2038	375.741	375.567
2039	376.132	376.059
2040	376.601	376

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset Trafo PS pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan berada diatas 360 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

**Tabel 5.14 Analisa Hasil Penggunaan PT/LA**

Tahun	Analisa Hasil PT/LA (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	368.74	368.449
2018	368.983	368.7
2019	369.657	369.384
2020	369.675	369.411
2021	370.337	370.083
2022	370.586	370.343
2023	370.89	370.657
2024	371.45	371.226
2025	371.463	371.249
2026	371.743	371.539
2027	372.19	371.996
2028	372.486	372.302
2029	372.807	372.628
2030	373.23	373.058
2031	373.314	373.152
2032	373.561	373.409
2033	374.091	373.95
2034	374.147	374.017
2035	374.369	374.251
2036	374.77	374.663
2037	374.857	374.761

Tahun	Analisa Hasil PT/LA (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2038	374.792	374.708
2039	374.84	374.767
2040	374.979	374.917

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun dan berada diatas 360 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

**Tabel 5.15 Analisa Hasil Penggunaan Kopel**

Tahun	Analisa Hasil Kopel (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2017	2.8324	2.54702
2018	2.77023	2.49407
2019	2.71182	2.44517
2020	2.64581	2.3891
2021	2.57745	2.33111
2022	2.51244	2.27642
2023	2.44409	2.21851
2024	2.37156	2.1563
2025	2.2946	2.0898
2026	2.2141	2.01964
2027	2.13155	1.94692
2028	2.00491	1.87011
2029	1.95444	1.78535
2030	1.86277	1.70079

Tahun	Analisa Hasil Kopel (Hari)	
	Skenario 1	Skenario 2
2031	1.86277	1.61666
2032	1.66559	1.52398
2033	1.56006	1.42934
2034	1.45027	1.33077
2035	1.3373	1.22917
2036	1.2212	1.1245
2037	1.10288	1.01768
2038	0.979102	0.905326
2039	0.855701	0.793239
2040	0.727672	0.676296

Hasil simulasi skenario menunjukkan durasi penggunaan aset Kopel pada skenario satu dan skenario dua terus mengalami penurunan dari tahun ke tahun dan berada dibawah 5 hari sehingga sesuai dengan keinginan perusahaan.

Setelah melakukan perbandingan dan analisa hasil skenario satu dan dua, didapatkan beberapa rekomendasi untuk meningkatkan kondisi aset Gardu Induk jaringan distribusi listrik, mengurangi biaya pemeliharaan aset Gardu Induk jaringan distribusi listrik, dan memastikan aset Gardu Induk jaringan distribusi listrik tetap dapat beroperasi dalam waktu yang panjang. Rekomendasi tersebut sekiranya dapat digunakan oleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Berikut ini adalah rekomendasi untuk mencapai tujuan perusahaan tersebut:

1. Melakukan *replacement* aset lama yang memiliki kondisi dibawah 50% dengan aset baru yakni aset Penyulang



- Operasi, *Inc*, *Spare*, Trafo PS, *Potential Transormator/Light Arrester*, dan Kopel pada tahun 2017.
2. Melakukan *replacement* aset kembali pada aset yang masih memiliki kondisi dibawah 50% pada aset yang telah dilakukan proses *replacement* sebelumnya yakni Penyulang Operasi pada tahun 2028, *Inc* pada tahun 2030, *Spare* pada tahun 2028, Trafo PS pada tahun 2029, *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2030, dan Kopel pada tahun 2031.
  3. Melakukan pemasangan alat bernama *Partial Discharge Monitoring Sensor* pada pada masing-masing Gardu Induk yang sudah diterapkan di PLN APD untuk wilayah lain. Dengan adanya *Partial Discharge Monitoring Sensor* ini apabila terjadi masalah atau gangguan pada aset Gardu Induk, sistem sensor akan secara otomatis mengirimkan peringatan kepada pihak HAR 20KV selaku penanggung jawab pemeliharaan aset bahwa ada aset yang mengalami masalah dan segera ditindaklanjuti dengan melakukan proses pemeliharaan aset. Dengan adanya alat ini juga memungkinkan pihak perusahaan untuk tidak perlu mengalokasikan pekerja untuk melaksanakan proses *In Service Inspection* dan *In Service Measurement* yang dilakukan sebanyak seratus tiga puluh lima kali setiap tahunnya dan memakan biaya yang cukup besar. Pihak perusahaan hanya perlu mengeluarkan biaya untuk pengadaan *Partial Discharge Monitoring Sensor* dan menyediakan dua orang pekerja untuk melakukan *maintenance* alat di Gardu Induk.

Direkomendasikan untuk menggunakan skenario satu dan skenario dua dengan melakukan *replacement* aset baru dan melakukan pemasangan alat bernama *Partial Discharge Monitoring Sensor* untuk menurunkan biaya pemeliharaan aset

dan memastikan durasi penggunaan aset tetap terus meningkat dari tahun ke tahun, pengecualian untuk aset Kopel yang tetap terus menurun dari tahun ke tahun. Hasil dari implementasi skenario satu dan skenario dua adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.16 Analisa Hasil**

Jenis Komponen	Base Model	Skenario 1	Skenario 2
Kondisi Penyulang Operasi	20%	79%	96%
Kondisi <i>Inc</i>	21%	85%	95%
Kondisi <i>Spare</i>	22%	85%	90%
Kondisi Trafo PS	25%	82%	94%
Kondisi PT/LA	14%	80%	89%
Kondisi Kopel	23%	91%	94%
Biaya <i>In Service Inspection</i>	1,536 Milyar	1,536 Milyar	839 Juta
Biaya <i>In Service Measurement</i>	339 juta	339 juta	100 juta
Biaya Keseluruhan Pemeliharaan	3 Milyar	2,9 Milyar	1,9 Milyar
Durasi Penyulang Operasi	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun. Dan pada tahun 2024 hingga 2040 durasi penggunaan lebih tinggi dibandingkan <i>base model</i> .
Durasi <i>Inc</i>	Terus meningkat	Memastikan terus meningkat	Memastikan terus meningkat

Jenis Komponen	Base Model	Skenario 1	Skenario 2
	dari tahun ke tahun	dari tahun ke tahun	dari tahun ke tahun. Dan pada tahun 2017 hingga 2040 durasi penggunaan lebih tinggi dibandingkan <i>base model</i> .
Durasi <i>Spare</i>	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
Durasi Trafo PS	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
Durasi PT/LA	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
Durasi Kopel	Terus menurun dari tahun ke tahun	Memastikan terus menurun dari tahun ke tahun	Memastikan terus menurun dari tahun ke tahun. Dan dari tahun ke tahun durasi penggunaan lebih rendah

Jenis Komponen	Base Model	Skenario 1	Skenario 2
			dibandingkan <i>base model</i> .

## 5.2. Pengembangan *Dashboard*

Pada tahapan ini hasil keluaran dari pemodelan dan simulasi akan divisualisasikan dalam bentuk *dashboard* agar hasil dari pemodelan dan simulasi tersebut menjadi lebih informatif dan lebih mudah dipahami pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur untuk melakukan pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan penggunaan aset Gardu Induk. Pengembangan *dashboard* menggunakan perangkat lunak milik Microsoft yakni Microsoft Excel dan Power BI.

### 5.2.1. Tahapan Pengembangan *Dashboard*

Proses pengembangan *dashboard* terdiri atas dua tahapan yakni tahapan analisis dan desain serta tahapan konstruksi. Penjelasan dari kedua tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

#### 1. Analisa dan Desain

Langkah pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi *Key Performance Indicator* (KPI) terkait penggunaan aset yang optimal di perusahaan. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, KPI terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur adalah durasi penggunaan aset meningkat dari tahun ke tahun; usia aset tidak uzur dan kondisi aset tidak di bawah 50 persen; serta aset dapat dipelihara dengan baik dan dapat ditekan biaya pemeliharaannya. KPI yang telah teridentifikasi akan dijadikan bahan masukan dalam melakukan

pemodelan dan simulasi. Setelah hasil dari pemodelan dan simulasi didapatkan, selanjutnya memetakan kebutuhan *dashboard* dan merancang desain *interface* dari *dashboard*.

## 2. Konstruksi

Langkah selanjutnya adalah melakukan konstruksi data dengan menggunakan *software* Microsoft Excel. Data-data yang dikonstruksi diperoleh dari hasil pemodelan dan simulasi yang dilakukan. Kemudian data yang sudah terkonstruksi akan diimpor ke Power BI. Langkah terakhir adalah mengkonstruksi *dashboard* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan perusahaan dengan menggunakan Power BI.

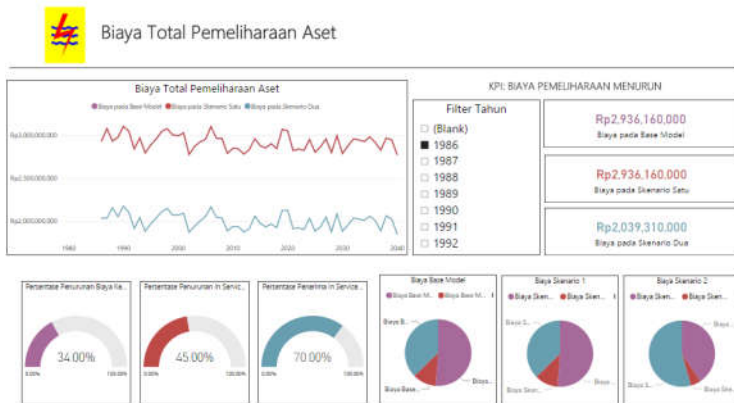
Yang akan divisualisasikan dalam *dashboard* untuk ditunjukkan kepada pihak PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur adalah informasi mengenai jenis aset, jumlah aset, tahun penggunaan dan *replacement* aset, kondisi aset, biaya pemeliharaan aset, serta informasi terkait durasi penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.

### 5.2.2. Fungsi dan Keputusan Kebijakan pada *Dashboard*

Pengembangan *dashboard* dilakukan dengan menyesuaikan dengan tujuan dan kebutuhan PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur. Dimana PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur menginginkan *dashboard* yang dapat menampilkan informasi mengenai jenis aset, jumlah aset, tahun penggunaan dan *replacement* aset, kondisi aset, biaya pemeliharaan aset, serta informasi terkait durasi penggunaan aset di perusahaan. Agar harapannya pihak perusahaan dapat melakukan pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan penggunaan aset. Berikut ini adalah tampilan *dashboard* pemeliharaan dan penggunaan

aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur beserta penjelasan fitur dan fungsi untuk setiap halaman *dashboard*:

### 1. *Dashboard* Biaya Total Pemeliharaan Aset



**Gambar 5.1 *Dashboard* Biaya Total Pemeliharaan Aset**

*Dashboard* Biaya Total Pemeliharaan Aset merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai biaya pemeliharaan aset secara keseluruhan. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

#### 1. *Line Chart* Biaya Total Pemeliharaan Aset

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik biaya pemeliharaan aset secara keseluruhan dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

#### 2. *Slicer* Tahun dan *Card* Biaya Pemeliharaan

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui nominal biaya pemeliharaan aset secara keseluruhan dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. *Gauge* Penurunan Biaya Pemeliharaan

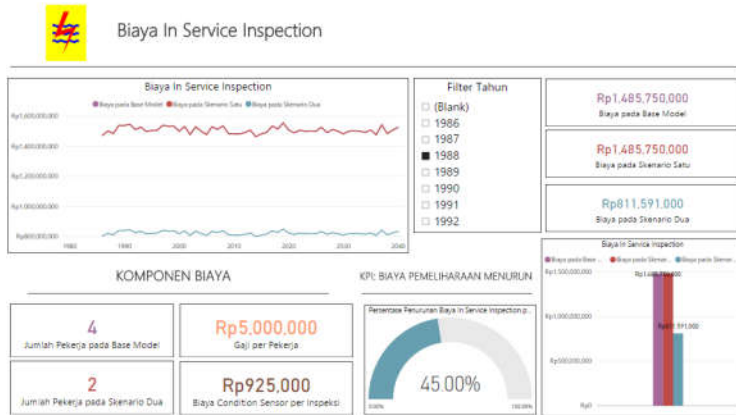
Melalui *visualisasi* *gauge* dapat diketahui persentase penurunan biaya yang dapat diperoleh perusahaan pada biaya keseluruhan, biaya *In Service Inspection*, dan biaya *In Service Measurement* berdasarkan implementasi skenario dua.

4. *Pie Chart* Biaya Pemeliharaan

Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui proporsi biaya pemeliharaan aset berdasarkan jenis-jenis pemeliharaan aset yang dilakukan pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Biaya Total Pemeliharaan Aset ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario dua simulasi untuk menurunkan biaya pemeliharaan aset. Dimana apabila skenario dua diimplementasikan biaya *In Service Inspection* dapat menurun sebesar 45%, biaya *In Service Measurement* dapat menurun sebesar 70%, dan biaya pemeliharaan aset secara keseluruhan dapat menurun sebesar 70%.

## 2. Dashboard Biaya In Service Inspection



**Gambar 5.2 Dashboard Biaya In Service Inspection**

*Dashboard Biaya In Service Inspection* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai biaya dalam pemeliharaan aset *In Service Inspection*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. Line Chart Biaya In Service Inspection

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik biaya pemeliharaan *In Service Inspection* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

### 2. Slicer Tahun dan Card Biaya Pemeliharaan

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui nominal biaya pemeliharaan *In Service Inspection* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*,



skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyangring tahun.

3. Komponen Biaya

Memberikan informasi mengenai jumlah pekerja pemeliharaan aset pada kondisi *base model* dan skenario dua, gaji peker, dan biaya *Condition Sensor* tiap Inspeksi.

4. *Gauge* Penurunan Biaya Pemeliharaan

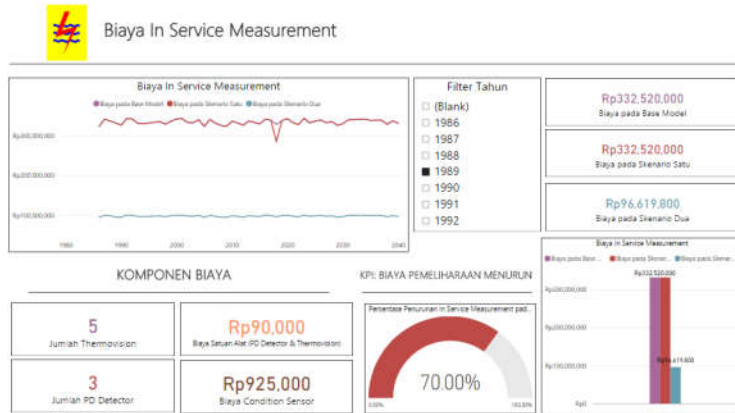
Melalui *visualisasi gauge* dapat diketahui persentase penurunan biaya yang dapat diperoleh perusahaan pada biaya *In Service Inspection* berdasarkan implementasi skenario dua. Juga dapat diketahui *Key Performance Indicator* (KPI) terkait biaya pemeliharaan *In Service Measurement* adalah menurunkan biaya.

5. *Clustered Column Chart* Biaya Pemeliharaan

Melalui visualisasi *clustered Column Chart* dapat diketahui besaran biaya pemeliharaan *In Service Inspection* pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyangring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Biaya *In Service Inspection* ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario dua simulasi untuk menurunkan biaya pemeliharaan aset. Dimana apabila skenario dua diimplementasikan biaya *In Service Inspection* dapat menurun sebesar 45%. Dapat diketahui juga biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan alat sensor pada Gardu Induk.

### 3. Dashboard Biaya In Service Measurement



**Gambar 5.3 Dashboard Biaya In Service Measurement**

*Dashboard Biaya In Service Measurement* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai biaya dalam pemeliharaan aset *In Service Measurement*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasannya:

#### 1. *Line Chart* Biaya In Service Measurement

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik biaya pemeliharaan *In Service Measurement* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

#### 2. *Slicer* Tahun dan *Card* Biaya Pemeliharaan

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui nominal biaya pemeliharaan *In Service Measurement* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*,

skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. Komponen Biaya

Memberikan informasi mengenai jumlah pekerja pemeliharaan aset pada kondisi *base model* dan skenario dua, biaya satuan alat *PD Detector* dan *Thermovision*, dan biaya *Condition Sensor* tiap Inspeksi.

4. *Gauge* Penurunan Biaya Pemeliharaan

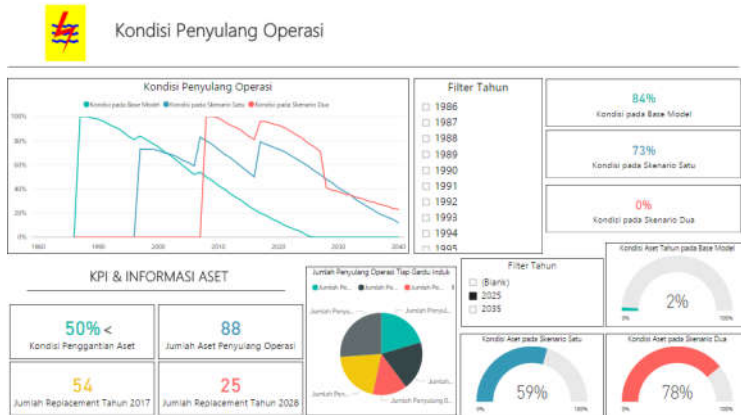
Melalui *visualisasi gauge* dapat diketahui persentase penurunan biaya yang dapat diperoleh perusahaan pada biaya *In Service Measurement* berdasarkan implementasi skenario dua. Juga dapat diketahui *Key Performance Indicator* (KPI) terkait biaya pemeliharaan *In Service Measurement* adalah menurunkan biaya.

5. *Clustered Column Chart* Biaya Pemeliharaan

Melalui *visualisasi clustered Column Chart* dapat diketahui besaran biaya pemeliharaan *In Service Measurement* pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Biaya *In Service Measurement* ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario dua simulasi untuk menurunkan biaya pemeliharaan aset. Dimana apabila skenario dua diimplementasikan biaya *In Service Measurement* dapat menurun sebesar 70%. Dapat diketahui juga biaya yang dibutuhkan untuk pemasangan alat sensor pada Gardu Induk.

#### 4. Dashboard Kondisi Penyulang Operasi



**Gambar 5.4 Dashboard Kondisi Penyulang Operasi**

*Dashboard* Kondisi Peyulang Operasi merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset Penyulang Operasi. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

1. *Line Chart* Kondisi Penyulang Operasi

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset Penyulang Operasi dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

2. *Slicer* Tahun dan *Card* Kondisi Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset Penyulang Operasi dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset Penyulang Operasi, dan jumlah *replacement* aset Penyulang Operasi pada tahun 2017 dan 2028.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk

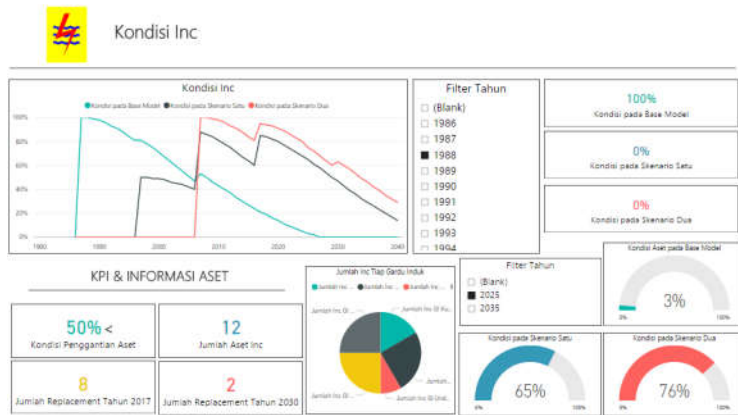
Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset Penyulang Operasi untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.

5. *Gauge* Kondisi aset

Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset Penyulang Operasi pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi Penyulang Operasi ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 54 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 25 aset pada tahun 2028. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset Penyulang Operasi masih dapat beroperasi.

## 5. Dashboard Kondisi Inc



**Gambar 5.5 Dashboard Kondisi Inc**

*Dashboard Kondisi Inc* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset *Inc*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. Line Chart Kondisi Inc

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset *Inc* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

### 2. Slicer Tahun dan Card Kondisi Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset *Inc* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

### 3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset *Inc*, dan jumlah *replacement* aset *Inc* pada tahun 2017 dan 2030.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk

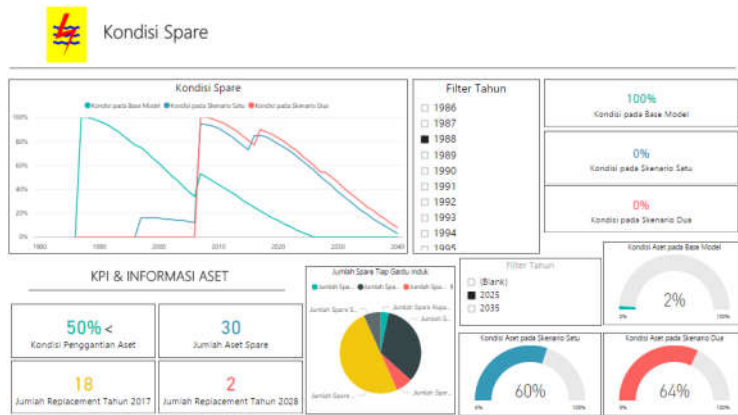
Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset *Inc* untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.

5. *Gauge* Kondisi aset

Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset *Inc* pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyearing tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi *Inc* ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 8 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 2 aset pada tahun 2030. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset *Inc* masih dapat beroperasi.

## 6. Dashboard Kondisi Spare



**Gambar 5.6 Dashboard Kondisi Spare**

*Dashboard Kondisi Spare* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset *Spare*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. Line Chart Kondisi Spare

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset *Spare* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

### 2. Slicer Tahun dan Card Kondisi Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset *Spare* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

### 3. KPI dan Informasi Aset

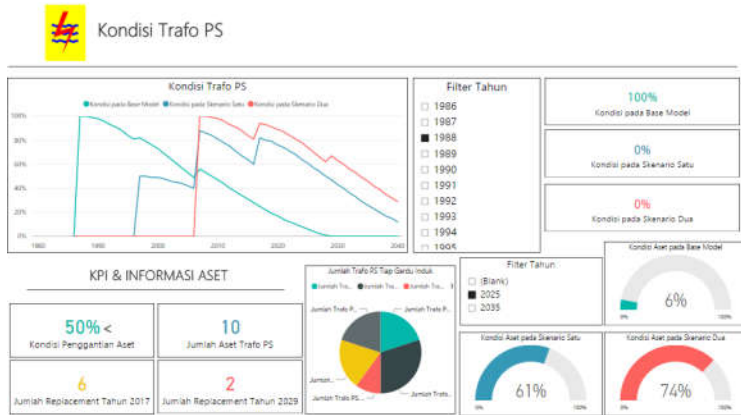


Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset *Spare*, dan jumlah *replacement* aset *Spare* pada tahun 2017 dan 2028.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk  
Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset *Spare* untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.
5. *Gauge* Kondisi aset  
Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset *Spare* pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi *Spare* ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 18 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 2 aset pada tahun 2028. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset *Spare* masih dapat beroperasi.

## 7. Dashboard Kondisi Trafo PS



**Gambar 5.7 Dashboard Kondisi Trafo PS**

*Dashboard* Kondisi Trafo PS merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset Trafo PS. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

1. *Line Chart* Kondisi Trafo PS  
Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset Trafo PS dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.
2. *Slicer* Tahun dan *Card* Kondisi Aset  
Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset Trafo PS dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.
3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset Trafo PS, dan jumlah *replacement* aset Trafo PS pada tahun 2017 dan 2029.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk

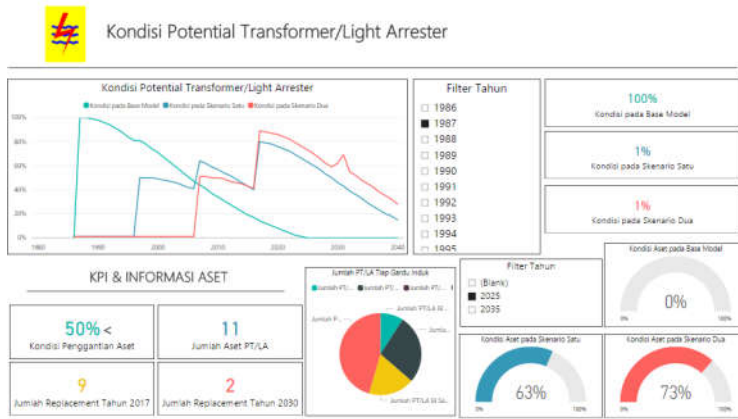
Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset Trafo PS untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.

5. *Gauge* Kondisi aset

Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset Trafo PS pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi Trafo PS ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 6 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 2 aset pada tahun 2029. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset Trafo PS masih dapat beroperasi.

## 8. Dashboard Kondisi Potential Transformer/Light Arrester



**Gambar 5.8 Dashboard Kondisi PT/LA**

*Dashboard Kondisi Potential Transformer/Light Arrester* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. Line Chart Kondisi Potential Transformer/Light Arrester

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, *skenario satu*, dan *skenario dua*.

### 2. Slicer Tahun dan Card Kondisi Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*,

skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset *Potential Transformer/Light Arrester*, dan jumlah *replacement* aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2017 dan 2030.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk

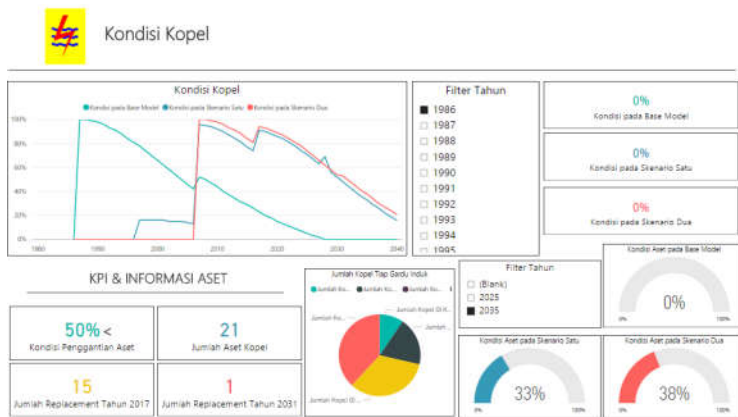
Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset *Potential Transformer/Light Arrester* untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.

5. *Gauge* Kondisi aset

Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi *Potential Transformer/Light Arrester* ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 9 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 2 aset pada tahun 2030. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset *Potential Transformer/Light Arrester* masih dapat beroperasi

## 9. Dashboard Kondisi Kopel



**Gambar 5.9 Dashboard Kondisi Kopel**

*Dashboard Kondisi Kopel* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai kondisi aset Kopel. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

1. *Line Chart* Kondisi Kopel  
Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik kondisi aset Kopel dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.
2. *Slicer* Tahun dan *Card* Kondisi Aset  
Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui kondisi aset Kopel dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.
3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan kondisi aset berada diatas 50%, jumlah aset Kopel, dan jumlah *replacement* aset Kopel pada tahun 2017 dan 2031.

4. *Pie Chart* Jumlah Aset tiap Gardu Induk

Melalui visualisasi *pie chart* dapat diketahui jumlah aset Kopel untuk masing-masing gardu induk yakni gardu induk Kupang, Simpang, Undaan, Sawahan, dan Sukolilo.

5. *Gauge* Kondisi aset

Melalui visualisasi *gauge* dapat diketahui kondisi aset Kopel pada tahun 2025 dan 2035 berdasarkan kondisi *base model*, implementasi skenario satu, dan implementasi skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Kondisi Kopel ini adalah perusahaan dapat mengetahui kapan harus dilakukan pemeliharaan aset dan kapan harus dilakukan *replacement* aset. Perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan aset tetap handal dan beroperasi dalam kondisi yang baik dengan KPI kondisi aset berada diatas 50%. Pada skenario satu dilakukan *replacement* sebanyak 15 aset pada tahun 2017 dan pada skenario dua dilakukan *replacement* sebanyak 1 aset pada tahun 2031. Dimana apabila skenario satu dan dua diimplementasikan pada tahun 2025 dan 2035 aset Kopel masih dapat beroperasi.

## 10. Dashboard Penggunaan Penyulang Operasi



**Gambar 5.10 Dashboard Penggunaan Penyulang Operasi**

*Dashboard* Penggunaan Peyulang Operasi merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset Penyulang Operasi. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasannya:

1. *Line Chart* Penggunaan Penyulang Operasi  
Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset Penyulang Operasi dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.
2. *Slicer* Tahun dan *Card* Penggunaan Aset  
Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset Penyulang Operasi dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario



satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang meningkat dari tahun ke tahun beserta keterecapaiannya, target minimal durasi penggunaan, jumlah aset Penyulang Operasi, dan jumlah Gardu Induk.

4. *Clustered Column Chart* Penggunaan aset

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset Penyulang Operasi pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan Penyulang Operasi ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni meningkat dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan minimal 360 hari.

## 11. Dashboard Penggunaan Inc



**Gambar 5.11 Dashboard Penggunaan Inc**

*Dashboard Penggunaan Inc* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset *Inc*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. *Line Chart* Penggunaan *Inc*

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset *Inc* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

### 2. *Slicer* Tahun dan *Card* Penggunaan Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Inc* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

### 3. KPI dan Informasi Aset

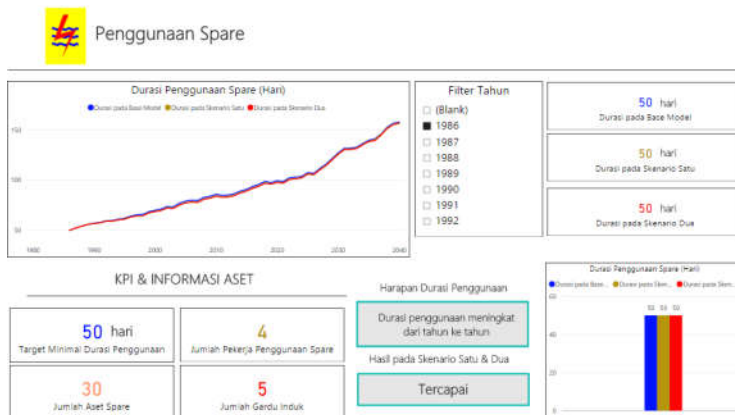
Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang meningkat dari tahun ke tahun beserta keterecapaannya, target minimal durasi penggunaan, jumlah aset *Inc*, dan jumlah Gardu Induk.

### 4. *Clustered Column Chart* Penggunaan aset

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Inc* pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan *Inc* ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni meningkat dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan minimal 360 hari.

## 12. *Dashboard* Penggunaan Spare



**Gambar 5.12 *Dashboard* Penggunaan Spare**

*Dashboard Penggunaan Spare* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset *Spare*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

1. *Line Chart Penggunaan Spare*

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset *Spare* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

2. *Slicer Tahun dan Card Penggunaan Aset*

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Spare* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang meningkat dari tahun ke tahun beserta ketercapaiannya, target minimal durasi penggunaan, jumlah aset *Spare*, dan jumlah Gardu Induk.

4. *Clustered Column Chart Penggunaan aset*

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Spare* pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan *Spare* ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni meningkat dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan minimal 50 hari.

### 13. *Dashboard* Penggunaan Trafo PS



**Gambar 5.13 *Dashboard* Penggunaan Trafo PS**

*Dashboard* Penggunaan Trafo PS merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset Trafo PS. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasannya:

1. *Line Chart* Penggunaan Trafo PS

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset Trafo PS dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

2. *Slicer* Tahun dan *Card* Penggunaan Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset Trafo PS dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

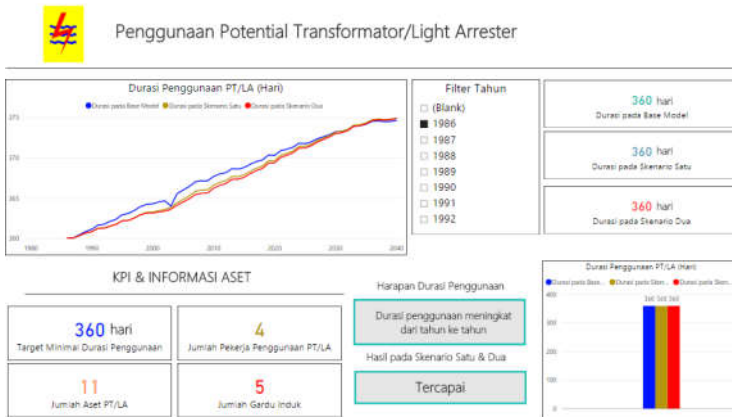
Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang meningkat dari tahun ke tahun beserta ketercapaiannya, target minimal durasi penggunaan, jumlah aset Trafo PS, dan jumlah Gardu Induk.

4. *Clustered Column Chart* Penggunaan aset

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset Trafo PS pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan Trafo PS ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni meningkat dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan minimal 360 hari.

#### 14. *Dashboard Penggunaan Potential Transformer/Light Arrester*



**Gambar 5.14 *Dashboard Penggunaan PT/LA***

*Dashboard Penggunaan Potential Transformer/Light Arrester* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester*. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasannya:

1. *Line Chart Penggunaan Potential Transformer/Light Arrester*  
Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.
2. *Slicer Tahun dan Card Penggunaan Aset*

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang meningkat dari tahun ke tahun beserta ketercapaiannya, target minimal durasi penggunaan, jumlah aset *Potential Transformer/Light Arrester*, dan jumlah Gardu Induk.

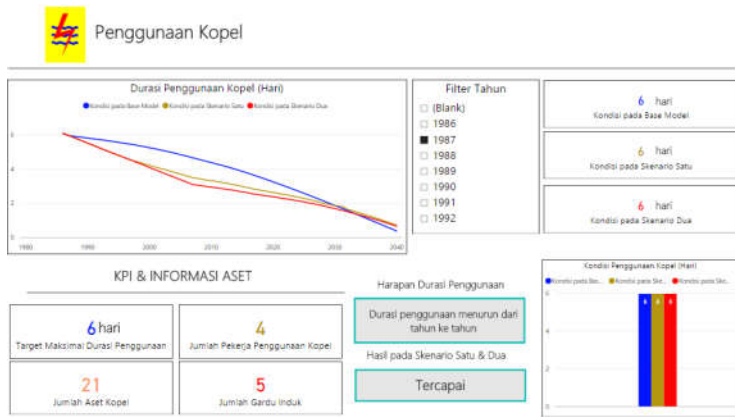
4. *Clustered Column Chart* Penggunaan aset

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset *Potential Transformer/Light Arrester* pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan *Potential Transformer/Light Arrester* ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni meningkat dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan minimal 360 hari.



## 15. Dashboard Penggunaan Kopel



**Gambar 5.15 Dashboard Penggunaan Kopel**

*Dashboard Penggunaan Kopel* merupakan *dashboard* strategis yang dapat ditunjukkan kepada Manajer dan Asisten Manajer HAR 20KV selaku penanggung jawab dan pengambil keputusan strategis terkait pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur yang berisikan informasi mengenai durasi penggunaan aset Kopel. Berikut ini adalah komponen yang terdapat pada *dashboard* beserta penjelasan kegunaannya:

### 1. *Line Chart* Penggunaan Kopel

Melalui visualisasi *line chart* dapat diketahui grafik durasi penggunaan aset Kopel dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua.

### 2. *Slicer* Tahun dan *Card* Penggunaan Aset

Melalui visualisasi *slicer* dan *card* dapat diketahui durasi penggunaan aset Kopel dari tahun ke tahun berdasarkan kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dibantu dengan fungsi penyaring tahun.

3. KPI dan Informasi Aset

Memberikan informasi mengenai *Key Performance Indicator* (KPI) terkait kondisi aset yakni memastikan durasi penggunaan yang menurun dari tahun ke tahun beserta ketercapaiannya, target maksimal durasi penggunaan, jumlah aset Kopel, dan jumlah Gardu Induk.

4. *Clustered Column Chart* Penggunaan aset

Melalui visualisasi *Clustered Column Chart* dapat diketahui durasi penggunaan aset Kopel pada kondisi *base model*, skenario satu, dan skenario dua dengan dilengkapi penyaring tahun.

Keputusan yang dapat diambil dari *dashboard* Penggunaan Kopel ini adalah perusahaan dapat mengimplementasikan skenario satu dan dua simulasi untuk memastikan durasi penggunaan aset sesuai dengan KPI yakni menurun dari tahun ke tahun dan mencapai target durasi penggunaan maksimal 5 hari.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dibahas mengenai kesimpulan dari semua proses yang telah dilakukan dan saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

### 6.1. Kesimpulan

Berdasarkan proses-proses yang telah dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir ini, maka ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, di antaranya adalah :

1. Proses pembuatan model simulasi membutuhkan data yang mendukung dan pemahaman yang mendalam terhadap kondisi sistem. Sehingga model simulasi dapat menggambarkan kondisi nyata dari sebuah sistem dan hasilnya dapat digunakan untuk memecahkan masalah yang ada.
2. Sistem umpan balik dalam pembuatan model sistem dinamik sangat penting karena sistem umpan balik memperlihatkan bahwa masing-masing variabel saling berhubungan dan saling mempengaruhi satu sama lain.
3. Model yang dikembangkan dalam tugas akhir ini dinyatakan valid setelah melalui *behavior validity test* dengan nilai perbandingan rata-rata (*mean comparison*) lebih rendah dari 5% dan uji perbandingan variasi amplitudo (*% error variance*) lebih rendah dari 30% untuk sub-model *Shutdown Measurement, In Service Inspection, In Service Measurement, PO Operation, Inc Operation, Spare Operation, PS Operation, PT/LA Operation*, dan *Kopel Operation*. Sehingga dapat digunakan sebagai model untuk meningkatkan kondisi aset, menurunkan biaya pemeliharaan aset, dan

memastikan durasi penggunaan aset meningkat dari tahun ke tahun.

4. Dilakukan *replacement* aset dengan kondisi dibawah 50%, yakni aset Penyulang Operasi, *Inc*, *Spare*, Trafo PS, *Potential Transformer/Light Arrester*, dan Kopel pada tahun 2017.
5. Dilakukan *replacement* aset kembali pada aset yang masih memiliki kondisi dibawah 50% pada aset yang telah dilakukan proses *replacement* sebelumnya yakni Penyulang Operasi pada tahun 2028, *Inc* pada tahun 2030, *Spare* pada tahun 2028, Trafo PS pada tahun 2029, *Potential Transformer/Light Arrester* pada tahun 2030, dan Kopel pada tahun 2031.
6. Dilakukan pemasangan alat bernama *Partial Discharge Monitoring Sensor* pada masing-masing Gardu Induk PLN APD Jawa Timur seperti yang sudah diterapkan di PLN APD untuk wilayah lain. Dimana berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan implementasi alat ini di APD wilayah lain memastikan pemeliharaan aset menjadi lebih efisien dikarenakan adanya penghematan sumber daya manusia dan kondisi serta kualitas aset tetap terjaga dengan baik sebagai hasil dari pemeliharaan aset.
7. Menggabungkan skenario satu dan skenario dua. Dimana dengan menggabungkan skenario tersebut hasil yang dapat diperoleh perusahaan adalah:

**Tabel 6.1 Kesimpulan**

Jenis Aset & Biaya	Base Model	Skenario 1	Skenario 2
Penyulang Operasi	20%	79%	96%
Inc	21%	85%	95%
Spare	22%	85%	90%
Trafo PS	25%	82%	94%
PT/LA	14%	80%	89%
Kopel	23%	91%	94%
Biaya In Service Inspection	1,536 Milyar	1,536 Milyar	839 Juta
Biaya In Service Measurement	339 juta	339 juta	100 juta
Biaya Keseluruhan Pemeliharaan	3 Milyar	2,9 Milyar	1,9 Milyar
Durasi Penyulang Operasi	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun. Dan pada tahun 2024 hingga 2040 durasi penggunaan lebih tinggi dibandingkan <i>base model</i> .
Inc	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun. Dan pada tahun 2017 hingga 2040 durasi penggunaan

Jenis Aset & Biaya	Base Model	Skenario 1	Skenario 2
			lebih tinggi dibandingkan <i>base model</i> .
Spare	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
Trafo PS	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
PT/LA	Terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun	Memastikan terus meningkat dari tahun ke tahun
Kopel	Terus menurun dari tahun ke tahun	Memastikan terus menurun dari tahun ke tahun	Memastikan terus menurun dari tahun ke tahun. Dan dari tahun ke tahun durasi penggunaan lebih rendah dibandingkan <i>base model</i> .

*Dashboard* pemeliharaan dan penggunaan aset PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur dapat digunakan oleh pihak perusahaan dalam melakukan pengambilan keputusan terkait

upaya meningkatkan kondisi aset, waktu pemeliharaan dan *replacement* aset, menurunkan biaya pemeliharaan aset, dan memastikan aset dapat digunakan dalam waktu yang lama.

## **6.2. Saran**

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat dilakukan untuk kebutuhan pengembangan model di masa mendatang. Saran-saran ini berdasarkan pada proses pengembangan model dan analisis yang telah dilakukan.

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan perluasan lingkup penelitian yakni mencakup seluruh aset Gardu Induk wilayah Metropolis, Barat, dan Timur yang dimiliki oleh PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan analisa dampak implementasi skenario model yang dihasilkan pada pengerjaan tugas akhir ini terhadap pemeliharaan dan penggunaan aset di PT. PLN (Persero) APD Jawa Timur.



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Teledata, “Customer Study PT.PLN (Persero),” 2017. [Online]. Available: <https://www.teledata.co.id/customercasestudy-1.php>.
- [2] F. Jevon, “Pengembangan Sistem Informasi Akuntansi Aset Tetap Binus University (Studi Kasus: Pemeliharaan Aset Tetap dan Penghapusan Aset Tetap),” p. 1, 2013.
- [3] AAMCoG, “Pedoman Sistem Terpadu Pengelolaan Aset yang Strategis,” p. 3, 2012.
- [4] B. R. J. S. Besse Tenriabeng, “Peranan PT. PLN (PERSERO) dalam Pelayanan Kelistrikan,” p. 4, 2013.
- [5] PT PLN (Persero), “Mengenal Sistem Kelistrikan,” PT PLN (Persero), 2011. [Online]. Available: <http://www.pln.co.id/lampung/?p=3551>. [Diakses 23 January 2017].
- [6] PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur, “Profil PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur,” 2011. [Online]. Available: <http://www.pln.co.id/disjatim/?p=62>. [Diakses 26 January 2017].
- [7] A. Wardhana, “Membangun Aplikasi Penjadwalan Pemeliharaan Dan Perbaikan Jaringan Listrik Di PT. PLN (Persero) APJ Majalaya Menggunakan Metode Algoritma Genetika,” 2011.

- [8] H. Setijasa, “Proses dan Sistem Penyaluran Tenaga Listrik oleh PT. PLN (Persero),” vol. IX, no. 1, pp. 19-20, 2013.
- [9] Supriono, “Sistem Distribusi Tenaga Listrik,” Universitas Negeri Semarang, 17 October 2015. [Online]. Available: <http://blog.unnes.ac.id/antosupri/sistem-distribusi-tenaga-listrik/>. [Diakses 26 January 2017].
- [10] D. Siregar, “Studi Pemanfaatan Distributed Generation (DG) pada Jaringan Distribusi,” 2012.
- [11] S. Galindra, Kubikel 20KV dan Komponen-Komponennya, Surabaya, 2015.
- [12] E. S. Ayunda Puspa Kinanti, “Manajemen Aset Jaringan Distribusi Tenaga Listrik Untuk Meningkatkan Keandalan Jaringan Distribusi Menggunakan Sistem Dinamik (Studi Kasus: PT.PLN (Persero) APJ Surabaya Selatan),” *Teknik POMITS*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [13] W. Ivo, Development of an asset management strategy for a network utility company. lessons from a dynamic business simulation, Simulat Gaming, 2005.
- [14] A. S, Manajemen Produksi dan Operasi Edisi Revisi, Jakarta: Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, 2008.
- [15] I. Agung, “Pengertian Manajemen Aset,” *Menuju Manajemen Aset Fisik Strategis*, p. 4, 2014.
- [16] PT. PLN (Persero) APD, Buku Pedoman Kubikel Tegangan Menengah, Jakarta, 2014.

- [17] D. D. Siregar, *Manajemen Aset: Strategi Penataan Konsep Pembangunan Berkelanjutan Secara Nasional dalam Konteks Kepala Daerah sebagai CEO*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [18] W. O. Suciyani, "Optimasi Pemanfaatan Aset Pemerintah sebagai Upaya Revitalisasi Kawasan Alun-Alun Kota Bandung," *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, vol. 9, no. 2, p. 146, 2013.
- [19] D. Noorsyamasa, *Modul Prinsip-prinsip Manajemen Aset/Barang Milik Daerah*, Jakarta: Departemen Dalam Negeri dan Lembaga Administrasi Negara, 2007.
- [20] A. M. L. W. David Kelton, *Simulation Modelling & Analysis*, International, 1991.
- [21] Indrawan, "Perancangan Business Simulation pada Industri Ritel," 19 April 2010. [Online]. Available: <http://indraaawan.blog.uns.ac.id/files/2010/04/dasar-teori.pdf>. [Diakses 26 January 2017].
- [22] E. Suryani, *Pemodelan & Simulasi*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2006.
- [23] E. Suryani, *Demand Scenario Analysis and Planned Capacity Expansion. A System Dynamics Framework*, 2010.
- [24] R. Darmono, *Pemodelan System Dynamics pada*, 2005.
- [25] S. Y. C. C. H. E. Suryani, "Air Passenger Demand Forecasting and Passenger Terminal Capacity Expansion: A System Dynamics Framework," pp. 2324-2339, 2010.

- [26] E. A. B. S. Muhammadi, Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi, dan Manajemen, Jakarta: UMJ Press, 2001.
- [27] S. Few, dalam *Information Dashboard Design: The Effective Visual Communication of Data*, O'Reilly Media, 2006.
- [28] R. A. H. E. S. Gemma Hardika, “Pembuatan Dashboard untuk Mengukur dan Memonitor Kinerja Ekspediter dalam Pengiriman Pasokan Pupuk (Studi Kasus: Kantor Pemasaran Wilayah Jawa Timur PT. Pupuk Kalimantan Timur)”.
- [29] S. Malik, Enterprise Dashboards - Design and Best Practices for IT, John Wiley & Sons, Inc., 2005.
- [30] R. Rismawan, “Rancangan dan Implementasi Dashboard Business Intelligence berbasis Web Studi Kasus: PT. KSO Mobil Care Auto Service,” 2015.
- [31] J. B. Utomo, “Pembuatan Dashboard untuk Mengukur Tingkat Pelayanan Manajemen Persediaan Studi Kasus Rumah Sakit XYZ,” 2010.
- [32] D. Iseminger, “Getting Started with Power BI Desktop,” Microsoft, 1 December 2016. [Online]. Available: <https://powerbi.microsoft.com/en-us/documentation/powerbi-desktop-getting-started/>. [Diakses 28 January 2017].
- [33] W. K. A.M. Law, Simulation Modeling & Analysis, International: McGraw-Hill, 1991.

- [34] Y. Barlas, “Multiple Tests for Validation of System Dynamics Type of Simulation Models,” *European Journal of Operational Research*, vol. 1, no. 42, pp. 59-87, 1989.
- [35] A. Oommen, “A Case Study Evaluation of the Causes for the Premature Failure of Transformers on the Eskom Transmission Network,” p. 120, 2005.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Magelang pada tanggal 20 Februari 1995, merupakan anak bungsu dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan sekolah dasar di SD Negeri Polisi 4 Bogor lulus pada tahun 2007, melanjutkan pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 1 Bogor lulus pada tahun 2010, selanjutnya di SMA Negeri 1 Bogor yang lulus

pada tahun 2013 dan meneruskan pendidikan di Departemen Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun yang sama dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 5213100178. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif di organisasi tingkat fakultas yakni menjadi staf *External Affairs* (EA) di Badan Eksekutif Mahasiswa FTIF ITS. Berbagai kegiatan lain yang pernah diikuti seperti menjadi komite ITS Carnival dan berbagai kegiatan kemahasiswaan lainnya. Dalam menyelesaikan Pendidikan S1, penulis bernaung di Laboratorium Sistem Enterprise (SE) dan mengambil minat di bidang pemodelan simulasi. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* di [dennysiits@gmail.com](mailto:dennysiits@gmail.com).



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## LAMPIRAN DATA INPUTAN

Pada lampiran A ini ditampilkan data-data masukan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Berikut ini adalah data-data tersebut:

### Data Aset Gardu Induk

**Data Lampiran 1 Aset Gardu Induk**

Jenis Aset	Jumlah Aset
Penyulang Operasi	88
Inc	12
Spare	30
PS	10
PT/LA	11
Kopel	21

### Data Biaya Pemeliharaan Aset

**Data Lampiran 2 Biaya *Shutdown Measurement***

Tahun	Biaya Shutdown Measurement (Rp)
1986	1138156000
1987	1238499730
1988	1143939750
1989	1107530000
1990	1242485000
1991	1160776000

1992	990693000
1993	1112729000
1994	967210250
1995	1053656250
1996	1118661800
1997	1173835700
1998	1217237600
1999	1136344600
2000	1154321000
2001	1156575000
2002	967302000
2003	1010014500
2004	1083884010
2005	1154332500
2006	1232825000
2007	1123646700
2008	1105115200
2009	983218500
2010	1032019500
2011	1030921100
2012	966084800
2013	992268000
2014	1164323200
2015	1069475000

**Data Lampiran 3 Biaya *In Service Inspection***

Tahun	Biaya In Service Inspection (Rp)
1986	1466440000
1987	1502461000
1988	1485160000
1989	1540714500
1990	1539035000
1991	1547795500
1992	1511617700
1993	1529106000
1994	1499535000
1995	1505896000
1996	1507880000
1997	1540865500
1998	1534595500
1999	1535740000
2000	1501454000
2001	1532623000
2002	1479126600
2003	1531007000
2004	1501950000
2005	1478310000
2006	1530660000
2007	1513280000
2008	1537165000
2009	1485696700
2010	1484306000
2011	1483416430

2012	1493129000
2013	1508763000
2014	1465401100
2015	1483235000

**Data Lampiran 4 Biaya *In Service Measurement***

Tahun	Biaya In Service Measurement (Rp)
1986	323807000
1987	341589000
1988	337461000
1989	332444000
1990	326523000
1991	343287000
1992	342534000
1993	331023000
1994	330631000
1995	332242000
1996	334212000
1997	335346000
1998	329333000
1999	336644000
2000	342411000
2001	343107000
2002	333515000
2003	333002000
2004	340216000
2005	323878000
2006	340956000

2007	331732000
2008	326253000
2009	323929000
2010	336615000
2011	332507000
2012	326449000
2013	337070000
2014	333853000
2015	330197100

## **Data Waktu Operasional Aset**

### **Data Lampiran 5 Durasi Penggunaan Penyulang Operasi**

Tahun	Durasi Penggunaan Penyulang Operasi (Hari)
1986	360
1987	360
1988	360
1989	361
1990	361
1991	361
1992	362
1993	362
1994	363
1995	363
1996	364
1997	365
1998	365
1999	365
2000	365

2001	365
2002	364
2003	366
2004	366
2005	367
2006	368
2007	368
2008	367
2009	369
2010	369
2011	369
2012	370
2013	370
2014	371
2015	371

**Data Lampiran 6 Durasi Penggunaan *Inc***

Tahun	Durasi Penggunaan Inc (Hari)
1986	360
1987	360
1988	360
1989	360
1990	360
1991	361
1992	361
1993	361
1994	361
1995	362

1996	362
1997	363
1998	363
1999	363
2000	363
2001	364
2002	364
2003	364
2004	364
2005	364
2006	365
2007	365
2008	365
2009	366
2010	366
2011	367
2012	367
2013	368
2014	368
2015	368

**Data Lampiran 7 Durasi Penggunaan *Spare***

Tahun	Durasi Penggunaan Spare (Hari)
1986	50
1987	52
1988	54
1989	56
1990	57



1991	58
1992	59
1993	59
1994	61
1995	62
1996	64
1997	65
1998	65
1999	68
2000	70
2001	71
2002	73
2003	73
2004	77
2005	79
2006	80
2007	79
2008	82
2009	83
2010	85
2011	84
2012	84
2013	85
2014	89
2015	88

**Data Lampiran 8 Durasi Penggunaan Trafo PS**

Tahun	Durasi Penggunaan Trafo PS (Hari)
1986	360
1987	360
1988	360
1989	361
1990	361
1991	362
1992	362
1993	362
1994	362
1995	362
1996	363
1997	363
1998	363
1999	364
2000	364
2001	365
2002	365
2003	366
2004	366
2005	367
2006	367
2007	368
2008	367
2009	367
2010	367
2011	367

2012	367
2013	368
2014	368
2015	368

**Data Lampiran 9 Durasi Penggunaan PT/LA**

Tahun	Durasi Penggunaan PT/LA (Hari)
1986	360
1987	360
1988	360
1989	360
1990	361
1991	361
1992	361
1993	362
1994	362
1995	362
1996	363
1997	363
1998	363
1999	364
2000	364
2001	364
2002	364
2003	364
2004	365
2005	366
2006	366

2007	367
2008	367
2009	367
2010	367
2011	367
2012	367
2013	367
2014	365
2015	365

**Data Lampiran 10 Durasi Penggunaan Kopel**

Tahun	Durasi Penggunaan Kopel (Hari)
1986	6
1987	6
1988	6
1989	6
1990	6
1991	6
1992	6
1993	6
1994	6
1995	6
1996	5
1997	5
1998	5
1999	5
2000	5
2001	5

2002	5
2003	5
2004	5
2005	5
2006	5
2007	5
2008	5
2009	4
2010	4
2011	4
2012	4
2013	4
2014	4
2015	4

## **Data Frekuensi Pemeliharaan**

### **Data Lampiran 11 Frekuensi *Shutdown Measurement***

Tahun	Frekuensi Shutdown Measurement (Kali/Waktu)
1986	5
1987	5
1988	7
1989	6
1990	6
1991	5
1992	7
1993	5
1994	7

1995	5
1996	7
1997	7
1998	6
1999	7
2000	5
2001	6
2002	5
2003	7
2004	6
2005	5
2006	5
2007	7
2008	6
2009	6
2010	7
2011	7
2012	7
2013	6
2014	6
2015	5

**Data Lampiran 12 Frekuensi *In Service Inspection***

Tahun	Frekuensi Shutdown Measurement (Kali/Waktu)
1986	78
1987	74
1988	76
1989	75

1990	74
1991	75
1992	78
1993	77
1994	78
1995	77
1996	75
1997	73
1998	75
1999	78
2000	75
2001	74
2002	77
2003	75
2004	74
2005	78
2006	76
2007	73
2008	76
2009	76
2010	73
2011	75
2012	75
2013	75
2014	74
2015	73

**Data Lampiran 13 Frekuensi *In Service Measurement***

Tahun	Frekuensi In Service Measurement (Kali/Waktu)
1986	60
1987	59
1988	61
1989	61
1990	62
1991	58
1992	60
1993	62
1994	60
1995	60
1996	62
1997	63
1998	58
1999	59
2000	60
2001	60
2002	60
2003	61
2004	59
2005	58
2006	60
2007	62
2008	60
2009	60
2010	60



2011	61
2012	58
2013	60
2014	60
2015	60